774
BOSTON MEDICAL
8. A. 65

Beiträge zur Biologie des Knochens und zur orthopädisch-chirurgischen Therapie der Spondylitis tuberculosa

Von

M. Dubois-Bern

Mit 18 Abbildungen

Beilageheft der Zeitschrift für orthopädische Chirurgie
Band XLVIII

Stuttgart
Verlag von Ferdinand Enke
1927

Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart

Handbuch der praktischen Chirurgie

Begründet von **E. v. Bergmann, P. v. Bruns** und **J. v. Mikulicz.**

In Verbindung mit zahlreichen Mitarbeitern bearbeitet und herausgegeben von **C. Garrè** in Bonn, **H. Küttner** in Breslau und **E. Lexer** in Freiburg i. B.

Sechs Bände

*

I. Band:

Chirurgie des Kopfes

Herausgegeben von **H. Küttner**

Bearbeitet von **H. Coenen** in Münster in Westf., **F. Krause** in Berlin, **W. Kümmel** in Heidelberg, **H. Küttner** in Breslau, **E. Lexer** in Freiburg i. B., **G. Perthes** in Tübingen, **O. Römer** in Leipzig

Sechste, umgearbeitete Auflage

Mit 497 teils farbigen Textabbildungen

Lex. 8°. 1926. X und 1394 Seiten. Geheftet M. 67.—, in Leinwand gebunden M. 72.—

IV. Band:

Chirurgie der Wirbelsäule und des Beckens

Herausgegeben von **H. Küttner**

Bearbeitet von **H. Graff** in Bonn, **A. Henle** in Dortmund, **P. Janssen** in Düsseldorf, **H. Kümmell sen.** in Hamburg, **C. Ramstedt** in Münster (Westf.), **A. Renner** in Breslau, **C. Steinthal** in Stuttgart und **W. Stoeckel** in Berlin.

Sechste, umgearbeitete Auflage

Mit 408 teils farbigen Textabbildungen. Lex. 8°. 1927.
geheftet M. 54.—, in Leinwand gebunden M. 59.—

Die Bände II, III und VI erscheinen ebenfalls in Lieferungen

Im Erscheinen begriffen ist der **V. Band**

Die Chirurgie der oberen Gliedmaßen

Herausgegeben von Geh. Rat Prof. Dr. **E. Lexer,** Freiburg i. B.
Der Band wird im Sommer 1927 vollständig.

Die Bände

II. Chirurgie des Halses und der Brust

Herausgegeben von Geh. Rat Prof. Dr. **C. Garrè,** Bonn

III. Chirurgie des Bauches

Herausgegeben von Geh. Rat Prof. Dr. **C. Garrè,** Bonn

VI. Die Chirurgie der unteren Gliedmaßen

Herausgegeben von Geh. Rat. Prof. Dr. **E. Lexer,** Freiburg i. B.
werden im Laufe des Jahres 1927 erscheinen.

Beiträge zur Biologie des Knochens und zur orthopädisch-chirurgischen Therapie der Spondylitis tuberculosa

Von

M. Dubois-Bern

Mit 18 Abbildungen

Beilageheft der Zeitschrift für orthopädische Chirurgie
Band XLVIII

Stuttgart
Verlag von Ferdinand Enke
1927

BOSTON MEDICAL
APR 9 - 1929
LIBRARY

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, vorbehalten

18. N. 65.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart

Inhalt.

I. Teil.

Seite

Über Knochentransplantationen im allgemeinen 6

Mechanische Faktoren bei der Knochenbildung 6

Anwendung der bisherigen Ergebnisse auf einige Beispiele aus der Knochenpathologie 24

Das Verhalten von Knochentransplantaten 28

Die biologischen Faktoren bei der Knochenbildung 34

II. Teil.

Die tuberkulöse Wirbelsäule und die Knochenplastik 38

Einige wichtige Punkte im Verlaufe der Spondylitis 38

Das Kindesalter 39

Der Gibbus 41

Der natürliche Heilungsvorgang 49

Die Ausheilung der Spondylitis und die Gibbusbildung 54

Der Span im Spätstadium der kindlichen Spondylitis 57

Spätfälle im Kindesalter 64

Die Korsettfrage 67

Schlußfolgerungen für Spätfälle beim Kinde 70

Die veralteten Fälle 72

Die Art der Operation 79

Die Spondylitis der Erwachsenen 81

Die Indikation zur Knochenplastik beim Erwachsenen 86

Die veralteten Fälle 90

Die Operationserfolge 97

Zusammenfassung 98

Literatur 100

Aus der schweizerischen orthopädischen Anstalt und Poliklinik Balgrist-Zürich
(Direktor: Privatdozent Dr. R. SCHERB)
und aus der orthopädischen Privatpraxis in Bern.

BOSTON MEDICAL
APR 9 - 1929
LIBRARY

I. Teil.

Das Indikationsgebiet osteoplastischer Operationen, die unblutige und blutige orthopädisch-chirurgische Therapie der Spondylitis tuberculosa, umfassen heute noch eine Reihe von schwebenden Problemen, die der Abklärung bedürfen. Nur durch ein Zurückführen derselben auf eine breite biologische Grundlage kann es gelingen, die bestehenden Widersprüche auszugleichen und die strittigen Fragen einer befriedigenden und allgemein gültigen Lösung entgegenzuführen.

Wer es heute unternimmt, sich über die Resultate, speziell über das Indikationsgebiet der osteoplastischen Operationen bei Spondylitis tuberculosa zu orientieren, wird in der Literatur auf scheinbar unüberbrückbare Gegensätze stoßen.

Diese Widersprüche sind erstens darin zu suchen, daß bei der Knochenplastik oft rein physikalisch argumentiert wurde, während man die Biologie des Knochens zu wenig berücksichtigte oder ihre Ergebnisse unrichtig interpretierte. Man hat den Knochen vielfach wie eine unorganische Masse betrachtet, von welcher dem momentanen Zustande entsprechende Dauerleistungen erwartet wurden, ohne zu bedenken, daß durch den bekannten Umbau im Transplantat auch eine funktionelle Anpassung an die neuen Verhältnisse stattfinden müsse. Nun sind allerdings über das Kapitel der Knochenbildung und des Knochenumbaues die Akten noch nicht geschlossen, indem es an gegensätzlichen Meinungen nicht fehlt, so daß nun umgekehrt die verschiedenartigen Resultate der Knochenplastik, besser als jedes Tierexperiment, dazu berufen sind, unsere Anschauungen über Knochenbildung zu präzisieren. Die zu besprechenden Fragen haben, übertragen auf die speziellen Verhältnisse des Einzelfalles, eine gewisse Bedeutung für eine ganze Reihe von Erscheinungen aus der Knochenpathologie.

Zweitens ist den Verhältnissen des kranken Knochens, im speziellen Falle der pathologischen Physiologie der tuberkulösen Wirbelsäule, zu wenig Rechnung getragen worden, so daß, bevor eine Synthese des therapeutischen Vorgehens an Hand eines über Jahre beobachteten größeren Materiales gegeben werden kann, zunächst verschiedene Fragen der klinischen Pathologie abzuklären sind.

Über Knochentransplantationen im allgemeinen.

Da sich ein Transplantat, wie zum Teil bekannt und wie auch die folgenden Ausführungen zeigen werden, im allgemeinen verhält wie ein normaler Knochen, haben die zu besprechenden Fragen beim normalen Knochen einzusetzen.

Von einem Knochenspan werden mechanische Leistungen verlangt. Es ist deshalb notwendig, einmal den Einfluß mechanischer Faktoren auf die Knochenbildung zu besprechen und dann die Möglichkeit mechanischer Leistung eines Knochens zu untersuchen.

Mechanische Faktoren bei der Knochenbildung.

Als vor 61 Jahren in Zürich der Anatome Meyer Präparate des oberen Femurendes demonstrierte, fiel dem anwesenden Culmann, dem Begründer der graphischen Statik, eine gewisse Ähnlichkeit der Spongiosastruktur mit den Trajektorien einer Krankonstruktion auf. In der Tat stimmte das nachher gezeichnete Konstruktionsschema eines dem oberen Femurende ähnlichen, kranartigen Gebildes mit den Verhältnissen an den Meyer schen Präparaten einigermaßen überein. Nun kreuzen sich allerdings in einer Krankonstruktion die Trajektorien, d. h. die Druck- und Zuglinien genau in rechten Winkeln. Schon Meyer fiel es auf, daß im Knochen diese Verhältnisse nicht genau erfüllt sind. Es hätte daraus der Schluß gezogen werden können, daß bei der bloßen Ähnlichkeit, d. h. bei der nicht vollständigen Gleichheit der Knochenform, andere Faktoren im Spiele sein müßten, die den Vergleich mit der Krankonstruktion nicht zulassen. Es erscheint ja von vornherein sehr gewagt, das menschliche Femur mit seinen mannigfachen Aufgaben und mit seiner wechselnden Beanspruchung mit einem einfachen Krane zu vergleichen, ganz abgesehen davon, daß die Rolle der Muskulatur völlig außer acht gelassen wurde.

Die Meyer schen Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen, daß die spongiöse Substanz des Knochens eine ganz bestimmte Architektur besitzt, wobei entsprechend der Theorie des Kranes, das Lamellensystem die Linien stärksten Druckes oder Zuges darstellt, denen das Organ ausgesetzt ist. Daraus wäre folgerichtig der Schluß zu ziehen, daß bei der Knochenbildung, sofern man sich überhaupt funktionell einstellt, an mechanischen Faktoren Zug und Druck eine Rolle spielen, daß also beide knochenbildend wirken.

J. Wolff hat denn auch, zum Teil fußend auf diesen Ergebnissen, seine Transformationslehre entwickelt, indem er die Deformitäten als funktionelle Anpassung der Knochenform an die veränderten statischen Beanspruchungen auffaßte. Die dabei sich ausbildende Architektur sollte den Zug- und Drucklinien folgen, d. h. sich nach der größten Zug- bzw. Druckbeanspruchung ausbauen. Daß dem nicht so ist, läßt sich zum Teil an Hand der Originalab-

bildungen Wolffs selber beweisen. Trotzdem waren aber diese Ergebnisse außerordentlich wertvoll und wirkten in der Folge befruchtend auf die Knochenpathologie. Wolff wurde der eigentliche Begründer der funktionellen Orthopädie.

Der ursprüngliche Ausgangspunkt des Wolffschen Transformationsgesetzes ist aber unrichtig. Noch heute enthält zwar manches Lehrbuch und manche Arbeit aus der Knochenpathologie jene Krantheorie und die unrichtige Lehre von der knochenbildenden Wirkung von Zug und Druck.

Die Ansichten von Wolff stießen allerdings sehr bald auf Widerspruch und gaben Anlaß zu einer sich über Jahre hinziehenden Polemik, ohne daß heute der ganze Fragenkomplex einheitlich gelöst worden wäre. Dieser besitzt mehr denn je aktuelles Interesse, seit die Einpflanzung von Knochengewebe für die verschiedensten Zwecke in ausgedehntem Maße zur Anwendung gebracht worden ist. Jeder Versuch in dieser Hinsicht etwas mehr Klarheit zu schaffen, hat demnach direkt praktisches Interesse, indem er die Indikationsstellung zur Knochentransplantation präzisiert. Umgekehrt lehrt uns die genaue klinische Verfolgung und Beobachtung von Knochentransplantaten, die Wolffschen Lehren richtigstellen.

Bähr, Ghillini und Lorenz, in neuerer Zeit Grunewald, Albert und besonders Murk Jansen haben auf verschiedenen Wegen, mit verschiedenen Ansichten, die Krantheorie oder die sich daraus ergebenden Schlüsse angefochten, so daß es endgültig an der Zeit erscheint, jene Meyer-Culmannsche Lehre, als Voraussetzung, in der pathologischen Physiologie des Knochens fallen zu lassen. Mit der Theorie fällt nämlich auch die Wolffsche Ansicht dahin, daß die Balkenstruktur des Knochens einem Systeme von Druck- und Zuglinien entspreche, daß Druck und Zug somit knochenbildend wirken können. Diese Meinung ist heute tatsächlich noch allgemein verbreitet.

Wenn nun auch ein Knochen Zug und Druck ausgesetzt ist, was übrigens in Anbetracht der Muskelwirkung für das Innere des Knochens nicht ohne weiteres sicher ist, so ist damit noch nicht gesagt, daß beide formativ wirken. Der menschliche Organismus besitzt zunächst einmal keine reinen Zugknochen. Der Kalkaneus, der Trochanter major, die beide einer ausgesprochenen Zugwirkung ausgesetzt zu sein scheinen, unterstehen, wie eine einfache mechanische Überlegung ergibt, in ihrem Inneren, Druckspannungen, die durch das Anpressen des entsprechenden Knochens an das Nachbargelenk entstehen. Wir kommen unten auf diese Frage zurück.

Schon Zschokke ist der Meinung, daß das Knocheninnere im wesentlichen Druckspannungen ausgesetzt sei, und Bähr kommt zum Schlusse, daß die Struktur der Spongiosa wirkliche Spannungskurven darstelle, nur daß diese, entgegen der früheren Ansicht, keine Druck- und Zugkurven, sondern ausschließliche Druckkurven seien.

Vor allem ist zur Kritik der Krantheorie zu erwähnen, daß der Oberschenkel nicht rein statisch oder gar rein statisch nur in einer Stellung betrachtet werden darf, sondern, daß erstens einmal die statischen Einwirkungen wechseln und daß ferner auch die Muskelkräfte mit zu berücksichtigen sind, deren Wirkungen bekanntlich das Körpergewicht um ein Vielfaches übersteigen können. W o l f f hat die muskuläre Beanspruchung nicht in Betracht gezogen, sondern nur die statische. Er zeigte ferner an zahlreichen deformierten Knochen die Wirkung der neuen statischen Funktion, die aber naturgemäß nicht immer genau mit der Theorie übereinstimmen konnte. Natürlich entging W o l f f bei verbogenen Knochen die Substanzzunahme auf der Konkavseite nicht, ebenso die Atrophie auf der Konvexseite, nur führte er diese auf eine Druckverminderung zurück, ohne zu bedenken, daß bei solchen Zuständen zwangsläufig damit auch ein vermehrter Zug stattfinde, einen Punkt, den übrigens später G r u n e w a l d auch schon hervorhebt.

Wären aber formativ Zug und Druck gleich zu bewerten, dann müßte auch logischerweise auf der Konvexseite eine Zunahme der Knochensubstanz nachweisbar sein. Schon früh hat L o r e n z darauf aufmerksam gemacht, daß die Zugseite eher insuffizient werde als die Druckseite. Z s c h o k k e war der erste, der ausführte, daß in erster Linie, wenn überhaupt, die Muskelkräfte zu berücksichtigen seien, und er wies auch nach, daß, wo Zug allein vorhanden ist, der Knochen in seiner Entwicklung eher zurückbleibt, kurz, daß die Knochenbildung viel eher vom Druck als vom Zug abhängig sei.

Kommen wir auf das Beispiel des Oberschenkelknochens zurück. Die Art seiner funktionellen Beanspruchung ist keineswegs leicht zu entscheiden. Nach H a g e n findet hier keine starke Biegungsbeanspruchung statt. Umgekehrt kommt G r u n e w a l d auf Grund sehr eingehender, mathematisch begründeter Untersuchungen, vor allem auch unter Berücksichtigung der Muskelkräfte, zum Schluß, daß die langen Röhrenknochen durchwegs auf Knickung beansprucht werden, Hand in Hand mit einer Biegungsbeanspruchung, die erzeugt wird durch die Kraft- und Richtungsunterschiede in den gegenwirkenden Muskeln.

Man kann die Frage aber auch von folgendem Gesichtspunkte betrachten: Berücksichtigt man die verschiedenen Stellungen des Oberschenkels im ganzen, dann hat der Muskelmantel jedenfalls die Fähigkeit, in einer unendlichen Zahl von Lagen durch eine differenzierte Änderung seiner Spannung und seiner Verkürzung, Gleichgewicht zu halten. Mathematisch ausgedrückt sind dann die absoluten Werte der Drehmomente von Agonisten und Antagonisten einander gleich. Die in dieser Weise entwickelten Kräfte können unter Umständen die Schwerkraft bei weitem überwiegen, so daß die Deduktionen nicht etwa nur für das Standbein gelten, sondern auch für das Spielbein. In beiden Fällen ist deshalb der Oberschenkel pressenden Kräften ausgesetzt, welche vom Kniegelenk, von den beiden Kondylen aufsteigen. Das ist ohne weiteres

klar. Aber auch am oberen Femurende spielt die Kinetik die ausschlaggebende Rolle. Neben den von unten her aufsteigenden Druckkräften, die im Hüftgelenk Widerstand finden, kommt hier die Glutäalmuskulatur zur Auswirkung. Daneben die kurzen Muskeln: obturatorii, gemelli, piriformis, welche einen starken Druck proximalwärts ausüben.

Daß dem so ist, geht aus den Erfahrungen beim Gange hervor. Man sollte ja a priori meinen, daß beim Stehen auf einem Bein, sowie beim Gehen, die Konvexität des Schenkelhalses vorwiegend auf Zug beansprucht werde. Aber gerade hier kommen die erwähnten pressenden Kräfte zur Auswirkung und garantieren ja erst das Gleichgewicht. Bei pathologischen Zuständen, wo diese Kräfte zum Teil in Wegfall kommen, ergeben sich deutliche Veränderungen der Knochenstruktur, die unten noch erwähnt werden sollen und die gerade die Richtigkeit der hier vertretenen Anschauung beweisen.

Die Arbeit einer ganzen Reihe von Muskeln kann in zwei Komponenten zerlegt werden, wovon die eine die Bewegung im entsprechenden Gelenk bewirkt, die andere aber einen bestimmten Gelenkdruck ausübt. Man braucht bei einem Muskel die Kräfte nur zu zerlegen, um unter Berücksichtigung der in Betracht fallenden Hebelarme diese Tatsache ohne weiteres einzusehen.

Ich verweise in dieser Hinsicht übrigens auch auf die Arbeiten von O. Fischer und R. Fick.

Der durch die eine Kraftkomponente erzeugte Druck auf ein Gelenk wird nun natürlich durch den festen Knochen vermittelt. In letzterem müssen demnach Druckspannungen entstehen. So verlaufen im oberen Femurende einesteils Druckkräfte von der Diaphyse her nach oben, welche sich dem von der Krantheorie postulierten Druck auf der konkaven Seite addieren, welche anderseits die von der gleichen Theorie geforderten Zugkräfte, indem sie durch die gegebene Knochenform einen Gegendruck finden, an der konvexen Seite vermindern. Damit ist aber das Problem kein statisches mehr, sondern ist kinematisch geworden. An der konvexen Seite kommt eben die erwähnte Muskelwirkung in Aktion. Wie naheliegend ist es da, um nur die grobanatomischen Verhältnisse zu berücksichtigen, die im Röntgenbilde sichtbar sind (siehe Abb. 1 a), das Lamellenbündel, das vom Trochanter major ausgeht und im unteren Kopfbereich endet, als Druckspannungskurven und eben nicht als Zugspannungskurven, wie bisher, aufzufassen. Daß beim Gehen z. B. die Kortikalis des Trochanter major auf Zug beansprucht werde, soll damit nicht etwa bestritten werden, wie denn von vornherein betont werden soll, daß nicht etwa ausschließlich funktioneller Druck überhaupt knochenbildend wirken könne. Es handelt sich vielmehr darum, zu beweisen, daß in der Spongiosa Druckspannungen entstehen und daß sie für die Struktur ausschlaggebend sind, daß demnach die Krantheorie mit den sich aus ihr ergebenden Schlußfolgerungen falsch ist.

Die in groben Umrissen geschilderte, im feineren Mechanismus noch vielseitigere Beanspruchung des oberen Femurendes mahnt von vornherein zu großer Vorsicht im Vergleich zur relativ einfachen mechanischen Konstruktion eines Kranes, der ein statisches Gebilde ist.

Wie schon Bähr betont, ist das Femur gar kein Kran, denn unter einem solchen versteht man einen gebogenen, am unteren Ende festgestellten Balken. Dann steht der Mensch gewöhnlich auf zwei Beinen, so daß das Becken als Widerlager wirkt. Ghillini, der mit Zschokke und Bähr in der Meinung, daß im Knochen keine Zug-, sondern nur Druckspannungen stattfinden, nicht einverstanden ist, verwirft die Krantheorie trotzdem.

Für die Richtigkeit der Auffassung, daß gegenüber den statischen Verhältnissen die Wirkung der Muskulatur ausschlaggebend ist, womit die Auffassung, daß die Spongiosa tatsächlich Spannungskurven darstellt, daß die Spannungskurven aber Druckspannungskurven sind, gestützt wird, hat übrigens Schultheß einen klinischen Beweis erbracht. An Hand eines Falles von Lähmung der Glutäalmuskulatur und entsprechend sich entwickelnder Steilstellung des Schenkelhalses (Coxa valga), kommt er zum Schluß, daß für die Struktur, ja sogar für die Formveränderung, nicht die Belastung durch das Körpergewicht, sondern die Arbeit der Hüftmuskulatur ausschlaggebend sei, denn nur in dieser Weise lassen sich die Veränderungen der Struktur und die Steilstellung des Halses erklären. Ferner hat auch Grunewald nachgewiesen, daß die Knochenteile, soweit sie trajektoriell sind, ihre Bildung Muskelkräften verdanken, wobei allerdings nach diesem Autor Zug und Druck als trophische Reize an sich gleichwertig, in ihrer weiteren biologischen Auswirkung allerdings verschieden sind.

Die erwähnte Muskelwirkung spielt in erster Linie für die Struktur des Knochens eine Rolle, nicht so sehr für seine Form, denn abgesehen vom Beispiel, das Schultheß erwähnt, ergibt die Erfahrung an Lähmungen reichlich Fälle, in denen einseitige Muskelwirkungen ohne wesentlichen Einfluß auf die ursprüngliche Knochenform bleiben.

Als einheitliches Resultat dieser Ausführungen ergibt sich, daß die dynamischen oder besser gesagt funktionellen Kräfte mehr in den Vordergrund gerückt werden, daß die rein statischen Verhältnisse damit in den Hintergrund treten, daß aber dadurch endgültig die Krantheorie dahinfällt und mit ihr ein Teil der Wolffschen Lehren, welche die muskuläre Beanspruchung nicht berücksichtigt.

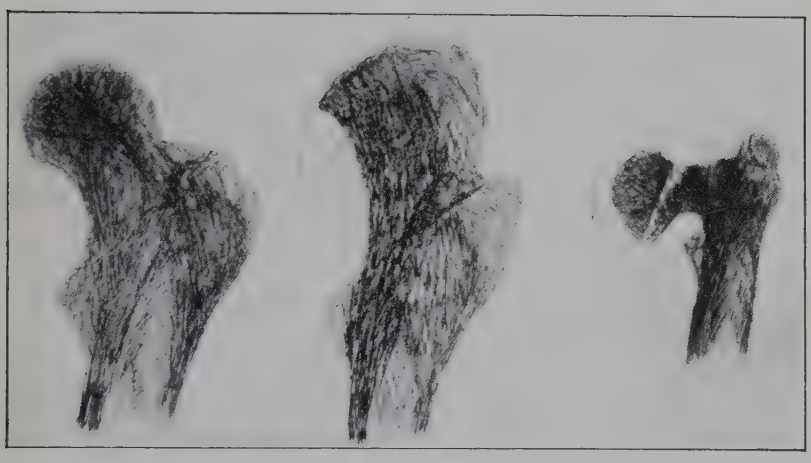
Ein System von Zug- und Drucktrajektorien müßte sich übrigens nach der graphostatischen Konstruktion genau in rechten Winkeln schneiden. Im Knochen sind diese Verhältnisse meist nicht, stellenweise nur beinahe erfüllt, wie aus den Abbildungen von Wolff selber hervorgeht. Daraus den einzig richtigen und logischen Schluß zu ziehen, daß entweder die Drucktrajektorien

nicht mit dem System der Drucklinien oder aber die Zugtrajektorien nicht mit dem System der Zuglinien übereinstimmen können, ist nur ein Schritt. Betrachtet man nun die ganze Deformitätenlehre unter diesem funktionellen Gesichtspunkt, dann ergeben sich für die verschiedensten Zustände neue Ausblicke. Die Problemstellung ist dann vorwiegend eine kinematische. Ich verweise auch auf Murk Jansen.

Aus dem Gebiete der Physiologie der Frakturheilung sei hier erwähnt, daß beim konsolidierten Kallus die Zugspannungslinien Wolffs, die sich wie gesagt nicht genau an das postulierte Konstruktionsschema halten, ebensogut, d. h. besser als Druckspannungslinien betrachtet werden können, vom Momente an, wo nicht nur die Belastung, sondern auch die wichtigere Rolle der Muskulatur berücksichtigt wird.

Zur besseren Illustration der Verhältnisse mögen hier einige Röntgenskizzen dienen, welche die Verhältnisse, wenigstens im groben, genau wiedergeben.

Abb. 1.



Im Röntgenbilde eines oberen Femurendes erscheinen die Hauptlamellen nach den Druckspannungskurven geordnet. Ein Hauptbündel, das von der medialen Femurwand ausgeht, mündet in die Kuppe des Kopfes. Es ist das Bündel, das nach den Autoren der Zug- und Drucktheorie als Drucklinien-system angesprochen wird. Das zweite Hauptbündel, welches vom Trochanter major nach der unteren Hälfte der Kopfkuppe ausstrahlt, stellt das Zugliniensystem der genannten Autoren dar. Dieses kann, wie gesagt, unter Berücksichtigung der Muskelkräfte viel eher auch als Druckliniensystem gedeutet werden, besonders, wenn man an die wechselnde Beanspruchung des Beines denkt. Diese Auffassung wird sich übrigens noch aus dem folgenden ergeben. Jedenfalls geht aus der Skizze, welche sich in diesem Sinne genau an den Röntgenbefund hält, ohne weiteres hervor, daß die Kreuzung der beiden Systeme,

im Gegensatz zu einer Krankonstruktion, nicht immer in rechten Winkeln erfolgt. Natürlich könnte hier der Einwand gemacht werden, daß in diesem Falle das Röntgenbild nicht ausschlaggebend sei, da es sich um die Gesamtprojektion eines dreidimensionalen Systemes auf eine Fläche handelt und da zudem Projektionsfehler in der Natur der Aufnahme selber liegen. Gewiß, Aber trotzdem werden im Röntgenbild in erster Linie die Gebilde vortreten. die genau quer zur Aufnahmerichtung liegen, und zudem stimmt eben der Befund mit denjenigen an Knochenschliffen überein (Büdinger, Jansen).

Die zweite Abbildung in Abb. 1 stellt das obere Femurende einer seinerzeit reponierten kongenitalen Hüftgelenkluxation dar, die aber im Laufe der folgenden 10 Jahre sich der abnormen Pfannenverhältnisse wegen, zu einer Subluxation entwickelt hatte. Der laterale Kopfteil ist aufgehellt, weil er funktionell nicht beansprucht wird. Hier handelt es sich wohl um eine reine Inaktivitätsatrophie. Dagegen hat die Exzentrizität zu einer Verschiebung der Druckverhältnisse Anlaß gegeben, die durch die Steilstellung des Halses bis zu einem gewissen Grade kompensiert ist. Durch den pathologischen Bau der Skelettregion kann die Muskulatur die große Kraft nicht mehr hervorbringen, die bei dem kurzen Hebelarme notwendig ist, um das Femur im Gelenk zu fixieren (Trendelenburgsches Phänomen). Eine ähnliche Erscheinung macht sich übrigens auch bei anderen Hüftgelenksaffektionen geltend, die mit einem positiven Trendelenburgschen Phänomen einhergehen. So beobachtet man bei Jugendlichen im Röntgenbild eine Aufhellung auf der Konvexseite, manchmal ein völliges Verschwinden des Knochenkernes im Trochanter, das mit dem Besserwerden des muskulären Schlusses im Hüftgelenk auch wieder zurückgeht. Diese Erscheinung ist der direkte Beweis für die trophische Bedeutung des funktionellen Druckes und nur des Druckes, denn in derartigen Fällen ist die Zugkomponente auf der Konvexseite verstärkt. Klinisch sichtbar ist die Erscheinung an der Beckensenkung beim Stehen auf einem Bein. Die noch wahrnehmbare, in der Skizze fast horizontale Bälkchenstruktur im Trochanter verläuft nicht in der Zugrichtung, sondern kann eher als Druckwirkung ausgelegt werden, ausgehend von der zur Richtung des Hauptdruckes senkrecht stehenden Komponente, Verhältnisse, die an weiteren Beispielen noch besser illustriert werden können. Die Richtigkeit der Deutung und das wirkliche Vorhandensein von osteoiden Veränderungen des Knochens konnte nachher autoptisch bei Anlaß der Operation nachgewiesen werden, indem das Gelenk wegen unerträglicher Schmerzen versteift werden mußte.

Die dritte Abbildung in Abb. 1 stellt eine Coxa vara dar, wo auch die Änderung der Beziehung des Oberschenkelschaftes zum Gelenkdrehpunkt (ich vermeide es absichtlich von einer Veränderung der Belastungsverhältnisse zu sprechen, weil dabei zu sehr nur an die rein statischen Faktoren

gedacht wird) zu einer charakteristischen Veränderung der Knochenstruktur führte.

Wir haben gesehen, daß über die Art der funktionellen Beanspruchung der langen Röhrenknochen keine Einigkeit herrscht. Gesetzt der Fall, sie würden tatsächlich auf Biegung beansprucht, wofür übrigens schon der grobanatomische, röhrenförmige Bau der Diaphyse spricht, dann wird bei der Coxa vara im Momente der Deformierung die Beanspruchung auf Biegung vermehrt. Sind nun die aus dieser Biegung hervorgehenden Druckkräfte größer als die Zugkräfte, dann resultiert für den ganzen Knochen eine Beanspruchung auf mehr oder weniger starken Druck. Sind aber umgekehrt bei der Biegung die Zugkräfte größer als die Druckkräfte, dann liegt es in der Natur der Sache, daß eine Seite wohl auf Zug, die andere dagegen immer noch auf Druck beansprucht wird. In unserem konkreten Falle der Coxa vara verschiebt sich demnach das Moment an der Konvexseite zugunsten des Zuges. Unter der Bedingung, daß einzig der Druck formativen Reiz hat, verstehen wir den Knochenbau, wie er sich in der Skizze präsentiert. Auf der konkaven Seite haben wir, wie zu erwarten, eine starke Verdichtung, die sich gemäß der neuen Beanspruchungsrichtung vorab im Schenkelhals, weniger stark im Kopf, fortsetzt; auf der konvexen Seite, entsprechend, eine Verdünnung der Knochenelemente, wobei natürlich auch dort noch Druckkräfte zur Auswirkung gelangen, einesteils durch die aufsteigenden axialen Drucklinien, andernteils durch die Wirkung der Muskulatur. Ganz besonders aufgehellt ist die Trochantergegend. Es ist demnach nicht notwendig, anzunehmen, daß Zug und Druck an sich trophisch gleichwertig seien, daß aber die Zugbeanspruchungsmöglichkeit eine geringere bleibe als diejenige auf Druck. Vielmehr lassen sich die Befunde zwanglos aus der Annahme erklären, daß nur der Druck trophisch wirke, der Zug dagegen nicht.

Daß in allen Präparaten die Druckkurven sich miteinander kreuzen, ja, daß sie unter Umständen, wie in der ersten Skizze, eine gewisse Ähnlichkeit mit den Trajektorien eines Kranes haben können, ist klar. Aber, wie schon B ü d i n g e r, der das obere Femurende bezüglich der Richtigkeit der Krantheorie untersuchte, betont, schwindet sofort jede Ähnlichkeit zwischen Strukturbild und konstruktivem Schema, „wenn man an Durchschnitten durch das menschliche Femur nur einen winzigen Schritt von dem gelobten Lande der Frontalebene abgeht". Die zweite und dritte Skizze illustrieren zudem deutlich, wie unter veränderten mechanischen Verhältnissen eine Vermehrung der Zugkomponente zu bewerten ist.

Ein weiterer Knochen, an welchem eine ausgesprochene Zugkomponente anzugreifen scheint, ist der Kalkaneus, speziell die Partie des Tubers. Gerade hier läßt sich aber an verschiedenen Kalkanei nachweisen, wie nur der funktionelle Druck als mechanischer Faktor trophischen Einfluß hat.

Beim paralytischen Hakenfuß sind die Bälkchen fast senkrecht und dicht.

Bei einem Hohlfuß stimmt ihre Richtung mit derjenigen des funktionellen Druckes überein, ebenso beim Normalfuß, während beim Plattfuß die Aufhellung im Bereich der Zugspannungen ganz auffallend ist. Auch hier im

Abb. 2a.

Hohlfuß, paralytischer Hakenfuß.

Kalkaneus handelt es sich in der Spongiosa nirgends um ausschließlichen Zug, sondern es sind überall Druckspannungen mehr oder weniger stark im

Abb. 2b.

Plattfuß, normaler Fuß.

Spiele, teils gegeben durch den Bodendruck, teils durch die Gelenkdruckkomponente der Muskelaktion.

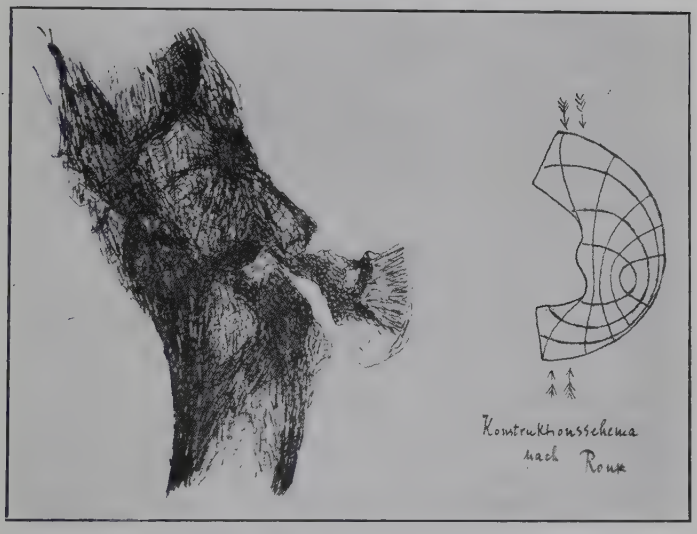
Als weiteres Beispiel möchte ich hier die Röntgenskizze einer Kniegelenksankylose anführen, weil R o u x seinerzeit ein derartiges Knochenpräparat untersuchte und dabei von Zug- und Druckelementen spricht. In seiner Pu-

blikation über die Kniegelenksankylose bringt Roux leider nur ein Stück des Präparates zur Darstellung, an Hand dessen der Nachweis der Übereinstimmung mit dem Konstruktionsschema von Zug- und Drucklinien gar nicht erbracht werden kann. Die Übereinstimmung besteht denn auch gar nicht, wie Jansen an Hand von eigenen Präparaten von Gelenkankylosen zeigen konnte.

Die Röntgenaufnahme Abb. 3 zeigt keinerlei Übereinstimmung mit dem Schema von Roux, welches daneben abgebildet ist.

Im Schema verlaufen die von der Konvexität ausgehenden Spannungskurven zur Konvexität zurück und entsprechend auch die Kurven der Kon-

Abb. 3.



kavseite zur Konkavseite zurück. Die Ankylose weist nun, wie auch die Schliffe von Jansen demonstrieren, dieses Verhalten durchaus nicht auf, sondern es imponieren darin die Verdichtungen alle als ein System von Druckbalken, wenn man, wie im abgebildeten Falle, bedenkt, daß bei jedem Schritt durch den Widerstand des Bodens nach oben sich kegelförmig ausbreitende und durch die Körperbelastung absteigende Druckwirkungen zustande kommen. Bedenken wir dazu, daß der Einfluß der Muskulatur nicht weggefallen war, dann können auch die Verdichtungen der Konvexseite als Resultanten von Druckwirkungen aufgefaßt werden. In diesem Falle erschöpft sich ja die ganze Tätigkeit der Muskulatur in derartigen Druckwirkungen im Knochen, da ja die Bewegungskomponente weggefallen ist.

Es ist denn auch zur Ausbildung eines neuen Balkensystemes gekommen, das von der Konvexität zur Konkavität verläuft.

Magnus hat in neuerer Zeit ähnliche Präparate zur Abbildung gebracht.

Da es sich um hochgradigere Ankylosen handelte, hatten darin diese Bälkchen direkt eine radiäre Anordnung angenommen, und Magnus erwähnt auch speziell diesen radspeichenförmigen Bau, den er auf die Knickungsbeanspruchung der Ankylose zurückführt und die im physiologischen Kniegelenk natürlich nicht vorkommt. Die vom Autor gegebene Deutung dieser Radspeichen als Zug und Druckelemente stimmt aber nicht. Im hier abgebildeten Präparat handelt es sich in der Tat um einen abgeknickten Knochen. Dabei entstehen neue Kräfte, welche die Konkavität der Konvexität zu nähern suchen. Im Knocheninnern bilden sich auf diese Weise Druckkräfte aus, die ihren Ausdruck in den entsprechend verlaufenden und auf dem Bilde ohne weiteres sichtbaren dichten Bündeln von Knochenbalken finden, die mehr oder weniger radiär, also von der Konkavität zur Konvexität verlaufen. Ist die Winkelstellung keine sehr ausgeprägte, dann ist die „radiäre" Anordnung allerdings nur mangelhaft zu erkennen. Derartige „Radspeichen" haben übrigens ihr normal-morphologisches Analogon in der Struktur des Olekranons, das funktionell eine ganz ähnliche Beanspruchung erfährt wie unsere Kniegelenksankylose, und wo auch die Spongiosa, entgegen der gewöhnlichen Meinung, durch den Trizeps keine Zugspannung erfährt, sondern wo es ebenfalls durch den Gelenkwiderstand zur Entstehung von Druckspannungen kommt. Die Radspeichen des Olekranons bilden dafür den morphologischen Ausdruck.

Nun sollte man bei Abb. 3 meinen, daß die durch den Quadrizeps vorwiegend auf Zug beanspruchte konvexe Seite der Patella unter Umständen eingehen sollte. Sie ist auf der Skizze erhalten, und zwar mit einer ganz ausgesprochenen Struktur, senkrecht zur Zugrichtung des Muskels, entsprechend den Druckkräften, welche durch die Anpressung der Kniescheibe an die winklig gebogene Ankylose entstehen. So sind im Präparate überhaupt keine Strukturelemente zu sehen, welche Zugspannungskurven entsprechen könnten.

Als weiteres Beispiel möchte ich, um auch eine ganz andere Art von Knochen zu berücksichtigen, an die Verhältnisse der Schädelkapsel erinnern, welche scheinbar weiter von unserer Betrachtungsweise abliegen, die aber doch bei pathologischen Zuständen die allgemeine Richtigkeit der bisher entwickelten Anschauung bestätigen.

Normalerweise zeichnet sich in der Kopfkalotte der Verlauf der meningealen Arterien durch feine Rinnen ab. Diese entstehen nicht etwa durch Druckatrophie, indem sie z. B. keineswegs mit der Höhe des Blutdruckes wechseln. Sie zeigen auch als mikroskopische Bestätigung dieser Tatsache keine Zeichen von Knochenresorption. Vielmehr findet man in ihrem Bereich Knochenapposition. Die Rinnen entstehen demnach durch Knochenbildung in der Umgebung. Bei stark gesteigertem Hirndruck (Hirntumoren z. B.) kann unter Umständen eine sehr weitgehende Druckusur auftreten. Wir werden aber weiter unten noch sehen, in welcher Weise konstanter Druck auf den Knochen

einwirkt. Vorläufig interessiert uns nur die erste Tatsache, die Vertiefung der Gefäßfurche durch Knochenneubildung. Wir finden sie nämlich vorwiegend bei seniler oder marantischer Atrophie, bei Individuen also, bei denen eine intrakranielle Druckabnahme anzunehmen ist. Nun bildet, wie noch ausgeführt werden wird, die Abnahme von Druck (die keineswegs etwa identisch ist mit einer Zugwirkung) einen Reiz zur Knochenbildung. Ferner findet im Schädelinnern, auf der Konkavität also, bei abnehmendem Schädelinhalt durch die Biegungsbeanspruchung der knöchernen Schale eine Druckwirkung statt, die sich in Substanzverdichtung äußert, während die Zugwirkung, die, entsprechend für die parallel einhergehende Knochenatrophie verantwortlich zu machen wäre, sich auf der Seite der Konvexität äußert. Wir können also selbst für den Schädelknochen direkt nachweisen, daß Zug zu Knochenschwund, Druck dagegen zu Knochenneubildung führt, soweit es sich nicht um konstanten Druck handelt, der allerdings zu Usur führt. Hier liegen die Verhältnisse aber ganz anders.

Als weiteres Beispiel möchte ich einen Fall erwähnen, der in ziemlich einfacher Weise eindeutig, soweit es sich wenigstens um mechanische Faktoren handelt, die Richtigkeit der Bedeutung des funktionellen Druckes und nur des Druckes allein für die Architektonik des Knochens und somit auch für seine funktionelle Anpassung beweist. Ich meine die Verhältnisse am distalen Ende des Metatarsale I, in normalem Zustande, sowie bei veränderten funktionellen Bedingungen, wie wir sie besonders beim Hallux valgus antreffen.

Im Metatarsophalangealgelenk geht die Hauptkrümmung der Gelenkfläche im Sinne der Dorsoplantarbewegung. Durch die besondere Anordnung der Seitenbänder sowie durch die stärker gewölbte Gelenkfläche gegen das Dorsum zu sind in der Mittellage und in Dorsalflexion auch seitliche Bewegungen der Grundphalanx möglich. In plantarflektierter Stellung wird die Möglichkeit seitlicher Bewegungen durch die erwähnte Besonderheit, dazu aber noch durch zwei Führungsrinnen gehindert. Aber abgesehen von diesen morphologischen Verhältnissen, findet normalerweise im ganzen Exkursionsbereich des Gelenkes die Bewegung gemäß der Anordnung, speziell der langen Muskeln, monaxial, im Sinne der Dorsal- und Plantarflexion statt (Abb. 4).

So zeigt die erste Skizze, welche nach dem Röntgenbild eines normalen Fußes gezeichnet ist, die Hauptverlaufsrichtung der Knochenbälkchen parallel zur Längsachse. Bei beginnendem Hallux valgus, sei es, daß es eine besondere Konfiguration erlaube, sei es, was viel häufiger ist, durch eine Abknickung des Fußes und durch gewisse individuelle Eigentümlichkeiten im Ablauf des Automatismus des Gehaktes, wirken die langen Muskeln nicht mehr im Sinne reiner Dorsoplantarbewegung. Ihrer Aktion kommt in solchen Fällen eine adduktorische Komponente zu, sie erinnert gewissermaßen an die Wirkung des Palmaris longus bei der Hand. Dieser Mechanismus läßt sich in ganz beginnenden Fällen, besonders wo das Vorhandensein eines ausgesprochenen

Hallux valgus in der Aszendenz frühzeitig an das Leiden denken läßt, einwandfrei beobachten. Die zweite Skizze stellt nun das Resultat einer derartigen dynamischen Umstellung auf den Knochen dar. Sie entstammt einem Falle von beginnendem Hallux valgus. Die veränderte kinetische Abwicklung des Fußes macht sich in der Struktur der Knochenbälkchen bemerkbar. In diesem Zustande ist der Abduktor hallucis bereits abgerutscht. Der Vorfuß ist pronatorisch verwunden. An der zunehmenden Valgität der Großzehe sind die langen Muskeln schuld, denn die gleiche Deformität entsteht auch unter Umständen bei supinatorischer Verwindung, sie wird gelegentlich beim Klumpfuß und beim Metatarsus varus beobachtet, beruht demnach auf dem zunehmenden Abweichen der langen Muskeln von der Längsachse. Der Abduktor spielt beim Hallux valgus demnach nur eine sekundäre Rolle. Im trophischen Sinne

Abb. 4.

wirken die langen Muskeln durch Längsdruck. In unserer Skizze hat sich die Verlaufsrichtung des Systemes von Knochenbalken gegenüber der Normalen geändert. Hier kann es sich naturgemäß nur um eine veränderte Druckrichtung handeln. Die mediale Partie des Metatarsalköpfchens ist aufgehellt, die Struktur undeutlich. Wir haben verminderten Druck, dazu aber durch die beginnende Abbiegung der Druckrichtung auch eine Zugwirkung. Im belasteten Teil entspricht die Struktur nicht mehr einer rein monaxialen Bewegung, sondern zeigt durch Zunahme der Querelemente die neue Belastungsrichtung an.

In der dritten Skizze handelt es sich um einen voll ausgebildeten Hallux valgus. Die bekannte Exostose ist deutlich entwickelt. Die Struktur derselben ist ganz charakteristisch. Die Spongiosabälkchen stehen in der Hauptsache senkrecht zur ursprünglichen Hauptdruckrichtung. Folglich muß es sich dabei wiederum um eine Druckwirkung handeln. Wäre nicht die Gelenkverbindung, so könnte man ja an der Stelle der Exostose Zug erwarten. Eine danach gerichtete Spongiosastruktur müßte aber zur tatsächlich beobachteten senkrecht

stehen, also parallel verlaufen mit der Hauptdruckrichtung, da ja Zug und Druck gleiche Kräfte sind, die sich lediglich in ihrer Richtung gegensätzlich verhalten.

Abgesehen von der gelenkigen Verbindung müssen demnach im Bereich der Exostose Druckkräfte im Spiele sein. Das elastische Knochenmaterial verhält sich hier wie andere elastische Körper. Es ist eine einfache Tatsache der Festigkeitslehre, daß ein gedrückter elastischer Körper sich verdickt, mit anderen Worten zu Druckkräften führt, welche zur Richtung der primären Druckbeanspruchung senkrecht stehen. Schon bei der normalen Stellung des Metatarsale und bei der physiologischen Einwirkung des funktionellen Druckes, vorwiegend wie gesagt der langen Muskeln, entstehen in dieser Weise neugerichtete Druckkräfte, welche die Querstruktur erklären, wie sie an feinen Knochenschliffen zutage tritt. Bei verschobenem Muskelgleichgewicht finden diese sekundären Druckkräfte im Metatarsalköpfchen lateral Gegengewicht, medial dagegen nicht. Hier kann somit Druckentlastung eintreten, welche, wie wir gesehen haben, zu Knochenbildung führen kann. Druckentlastung fasse ich als periodischen Vorgang auf, während Druckverminderung eine Herabsetzung des funktionellen Druckes in toto bedeutet. Die Druckentlastung macht sich in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen geltend, einmal in der ursprünglichen Hauptdruckrichtung und senkrecht dazu. Entsprechend ist auch die Exostose strukturiert, nämlich vorwiegend senkrecht zur Hauptdruckrichtung. Zuglinienstrukturen sind aber keine vorhanden.

Diese Beobachtung liefert erstens einmal den Beweis, daß die Auffassung, der Hallux valgus und die Exostose seien vestimentäre Deformitäten, sicher irrig ist, es sei denn, daß Strumpf und Schuh indirekt den dynamischen Quotienten der Fußmuskulatur zu verändern vermöchten. Wäre aber der Druck des Schuhes direktes ätiologisches Moment, dann hätten wir durch ihn eben Gegendruck und somit keine Druckentlastung, und zudem müßte dann auch das Hauptsystem der Druckbälkchen in der Richtung dieses Gegendruckes verlaufen. Wohl kann der Schuh die Haut reizen, wohl kann er zur Ausbildung der obligatorischen Bursa beitragen und endlich auch zu Reizungen im Bereich der Gelenkkapsel führen. Das sind aber sekundäre Erscheinungen, und mit Unrecht ist der Fußbekleidung die deletäre ätiologische Bedeutung zur Last geschrieben worden. Die Deformität als solche hat ihren Ursprung in funktionellen Momenten.

Eine ähnliche Erscheinung wird gelegentlich beim Hohlfuß beobachtet, wo die Exostose vor dem Lisfranc proximal und dorsal am Metatarsale I auftritt.

Aus unserer Beobachtung geht hervor, daß die Exostose periodisch unter Druck steht, und man wäre fast versucht, ihre Entstehung lediglich auf die Einwirkung dieser mechanischen Momente zurückzuführen. Jedenfalls scheint aus dem Beispiel der Umlegung der statisch-dynamischen Verhältnisse hervor-

zugehen, daß den neuen Druckkräften eine formative Wirkung zukommt, zum mindesten in bezug auf die Struktur. Ganz allgemein gesprochen ist die Druckspannung dabei keine Konstante. In den Knochen macht sich die Stauchung in einer wellenförmigen Deformierung geltend, das gibt Anlaß zur Entstehung von Druckspannungen, die zur ursprünglichen Druckrichtung senkrecht stehen. So lassen sich überhaupt die an dünnen Sägeflächen von Knochen sichtbaren feineren architektonischen Verhältnisse, nämlich das Vorhandensein von Knochenlamellen quer oder annähernd quer zur Hauptdruckrichtung, erklären, auf welche auch Jansen in seinen Präparaten aufmerksam macht. Hier wirken eben periodisch Druckkräfte ein.

Abb. 5.

Als letztes Beispiel möchte ich die Radiographie eines Wirbelsäulenpräparates zur Darstellung bringen, weil sich an ihm die besprochenen Verhältnisse deutlich präsentieren, und weil daneben auch Tatsachen zutage treten, die für die Pathologie der Wirbelsäule im Hinblick auf das besondere Ziel dieser Ausführungen von einiger Wichtigkeit sind. Es handelt sich um eine tuberkulöse Spondylitis, mit Zerstörung, vorwiegend der ersten und zweiten Lumbalwirbel. Der zwölfte Brustwirbel steht wegen der Abknickung durch den Gibbus unter verändertem funktionellem Druck, genauer gesagt, verlaufen die Druckkräfte mehr schräg. Die Folge davon zeigt sich auch in der Struktur. So weist der letzte Dorsalwirbel Knochenbälkchen auf, die von dorsal oben nach ventral unten verlaufen, wobei an der Ventralseite die physiologische Konkavität des Wirbels außerordentlich vermehrt erscheint. Entsprechend hat die Konzentration der Druckkräfte zu einer Verdichtung der Knochensubstanz geführt, die, als dunkler Streifen deutlich sichtbar, die neue Richtung des Hauptdruckes angibt. Der Gegendruck verhält sich natürlich ganz entsprechend. Die erwähnte Verdichtung der Knochensubstanz ist eine ganz allgemeine Erscheinung im Knochen,

in welchem, bei gleichbleibendem Druck, der Querschnitt kleiner wird. Man denke z. B. an die neue Struktur nach einer Resektion des Kniegelenkes, wo meist die Fläche des Querschnittes verringert ist. Ein umgekehrtes Verhalten zeigt der dritte Lumbalwirbel, unmittelbar unterhalb der zerstörten Stelle. Hier wirkt der Druck von oben mehr sich flächenförmig verteilend, der Gegendruck von unten ist dagegen fast physiologisch, weil die Zwischenwirbelscheiben erhalten sind. Deren Funktion wird noch zu besprechen sein. Die Folge davon ist eine sozusagen normale untere Wirbelkörperhälfte, dagegen eine ventrale Exostosenbildung in der oberen Hälfte, mit periodischer Druckwirkung, aber ohne den entsprechenden Gegendruck. Der Vorgang wäre ganz in Parallele zu setzen mit der Exostosenbildung beim Hallux valgus. Im übrigen demonstriert das Beispiel weiter sehr schön die Wirkung der Zwischenwirbelscheiben. Daß die hier beobachteten Veränderungen bei der verwickelten Beanspruchung der Wirbelsäule (Torsion und Belastung im weitesten Sinne, also auch dynamisch) nicht häufiger beobachtet werden, beruht wohl in erster Linie auf der Funktion dieser Scheiben. R o u x wies nach, daß sie wie eine hydraulische Presse wirken, indem sie bei verschiedenen Stellungen der Wirbelsäule den Druck jeweils auf den ganzen oder auf einen großen Teil des Querschnittes gleichmäßig verteilen.

Ich habe in einer Arbeit über Skoliose nachgewiesen, daß der Wirbel physiologischerweise in einem elastischen System eingebettet ist und daß er so ziemlich gleichmäßig unter Druck steht. An der gleichmäßigen Druckverteilung nimmt die Zwischenwirbelscheibe, wie R o u x schon ausgeführt hat, tatsächlich einen bedeutenden Anteil. Wir werden unten noch auf diese wichtige Frage zurückkommen. Vorläufig darf behauptet werden, daß die verschiedenen Druckverhältnisse bei unserer Spondylitis sich aus dem Fehlen der ausgleichenden Funktion der Zwischenwirbelscheiben im Bereich der zerstörten Stelle erklären. Hier werden die verschiedenen Druckeinwirkungen nicht mehr nach Art der hydraulischen Presse verteilt. Sie machen sich entsprechend in einer Veränderung der Knochenstruktur geltend. Damit geht aber noch ein weiterer Punkt in der Evolution der Spondylitis hervor, ich meine die Gibbusbildung und deren sogenannte Korrektur. Aus dem Röntgenbilde sieht man ohne weiteres, daß es eine Heilung des Prozesses, d. h. ein Aneinanderlegen der gesunden Flächen gar nicht gibt, ohne Gibbusbildung, mag nun diese durch mehr oder weniger zweckmäßige Maßnahmen äußerlich etwas stark oder weniger stark bemerkbar sein. Jedenfalls ist es irreführend von einem Gibbusredressement zu sprechen; der Prozeß selber mit seinen gestörten Druckverhältnissen kommt ohne die Deformität gar nicht zur Ausheilung. Daß Maßnahmen, um die Deformität möglichst unauffällig zu gestalten und um ein gutes funktionelles Resultat zu erreichen, berechtigt sind, solange sie die Ausheilung, d. h. solange sie das Aneinanderliegen der gesund gebliebenen Partien nicht hindern, ist klar, wir werden weiter unten

noch darauf zu sprechen kommen. Daß aber eine Spondylitis von einiger Ausdehnung, mit Zerstörung von Wirbelkörpern einen Gibbus bedingt, geht mit aller Deutlichkeit aus dem abgebildeten Präparat hervor, bei welchem alle notwendigen und erlaubten orthopädischen Maßnahmen ergriffen worden waren. Die weiteren Deduktionen, die sich daraus für die pathologische Physiologie und für die Heilung der Spondylitis sowie für die neue funktionelle Beanspruchung der Wirbelsäule und damit auch für die Indikation der Knochenplastik ergeben, sollen im zweiten Teil besprochen werden.

An Hand der angeführten Beispiele, die sich mit Leichtigkeit vermehren ließen, ist nun, glaube ich, genügend auf die trophische Bedeutung des Druckes hingewiesen worden, wobei nirgends eine ebensolche Bedeutung des Zuges zutage trat. Damit soll nun nicht etwa gesagt werden, daß der Druck Knochen bilde, oder auch, daß ausschließliche Druckwirkung überhaupt einen funktionellen Reiz zur Knochenbildung abgebe. Wir werden unten noch sehen, daß außer mechanischen Faktoren noch andere in Betracht kommen, dagegen kann füglich behauptet werden, daß im Rahmen der mechanischen Faktoren nur der Druck als formativer Reiz angesprochen werden kann, während dem Zug eine derartige Wirkung nicht zukommt.

Bei dieser Gelegenheit scheint es mir interessant, auf eine Analogie aus der Welt der leblosen „Organismen" hinzuweisen, auf Beobachtungen der physikalischen Chemie. So haben nach Schadel Kolloide an sich die Eigenschaft, in der Richtung des größten Zuges aus ihrer Masse heraus Fasergebilde zu differenzieren. Wir werden weiter unten noch sehen, wie z. B. in einem Knochentransplantat bei Zugwirkung an Stelle der Knochensubstanz Faserknorpel entsteht, also ganz entsprechend den Verhältnissen in der leblosen Natur. Manche Kristalloide dagegen zeigen eine bevorzugte Wachstumstendenz ihrer Niederschläge in der Richtung des größten Druckes.

Auf den Organismus übertragen, wäre demnach die Differenzierung in Knochengewebe, die dem anorganischen Kristalloid entspräche, nicht ohne physikalisch-chemisches Analogon.

Es bleibt uns nun übrig, auf die Erklärung einiger Erscheinungen einzugehen, die den bisher entwickelten Anschauungen zu widersprechen scheinen.

Nach der Hueter-Volkmannschen Theorie, gegenüber welcher sich ja besonders Wolff in Widerspruch befand, hemmt abnorm gesteigerter Druck als Knochenwachstum, während verminderter Druck dieses fördert. Als Beispiel für eine derartige Erscheinung ist unter anderem die Verschiedenheit des Wachstums bei Crura valga zu erwähnen, wo auf der entlasteten Seite das Femur eine größere Längenentwicklung zeigt. Dazu ist aber zu sagen, daß diese Ansicht erstens einmal für das Wachstum des Knochens gilt, nicht für seine Bildung und Struktur im allgemeinen, daß also die Ansicht, die natürlich den Tatsachen entspricht, nur für die enchondrale Ossifikation gilt.

Ferner sind auch hier wieder Muskelwirkungen im Spiele. Knochenbildung und Knochenwachstum sind verschiedene Dinge, die scharf voneinander zu trennen sind. Sie wurden häufig zusammenbetrachtet und haben dementsprechend zu gegenteiligen Ansichten geführt. Hier interessiert uns ja speziell in erster Linie nur die Knochenbildung. Zudem ist beim Crus valgum selbst auf der Seite stärkeren Wachstums kein Zug vorhanden. Es handelt sich lediglich um graduelle Unterschiede bezüglich des Druckes.

In dieser Hinsicht sind die Resultate aus den Untersuchungen von Jores wichtig. Danach ist der Druck ein physiologischer Reiz, der die Knochenbildung hemmt, das Nachlassen von Druck aber, — ein Vorgang der nicht etwa einer Zugwirkung gleichzusetzen ist — ein physiologischer Reiz zur Knochenneubildung, auch bei abgeschlossenem Knochenwachstum. Noch bestimmter kommt W. G. Lange zum Schluß, daß der Druckwegfall einen Reiz zur Knochenneubildung abgebe.

Sicher ist ja, daß bei allen Mechanismen, die wir bis dahin als ausschließliche Druckwirkungen aufgefaßt haben, ein konstanter gleichbleibender Druck überhaupt nirgends in Frage kommt, ganz abgesehen davon, daß wohl auch hier das Arndt-Schultzesche Gesetz gilt, wonach ein biologisches Agens in schwacher Dosis anregend, bei starker Wirksamkeit dagegen zerstörend einwirkt, gilt.

Im Knochen haben wir einerseits statische Druckkräfte, wichtiger sind, wie wir gesehen haben, aber die dynamischen, wie sie sich aus der Tätigkeit der Muskulatur ergeben. Daß es sich, besonders bei letzteren nicht um Konstanten handelt, ist selbstverständlich. Immer wird eben der Druck periodisch wechselnd sein, also auch Druckentlastung in sich schließen. Der bisher gebrauchte Ausdruck der Druckwirkung ist also ohne weiteres als wechselnde Druckwirkung zu interpretieren und somit am besten durch den Terminus des „funktionellen Druckes" zu bezeichnen. So verstehen wir die Ergebnisse von Volkmann-Hueter einerseits, die Wolffsche Ansicht anderseits, soweit diese überhaupt richtig ist. Die zur Diskussion stehenden Punkte sind eben verschieden. Demnach sind auch die Experimente zu erklären, nach denen die Dornfortsätze von Wirbeln, die durch Auflegen von Bleiplatten konstantem Druck ausgesetzt werden, zum Ergebnis führen, daß Knochenschwund stattfindet. Ferner verstehen wir auch die bekannten Erscheinungen der Pathologie, wo ein Aortenaneurysma oder auch ein extraossärer Tumor durch Druck auf den Knochen diesen zur Usur bringt. In gleicher Weise erklären sich die Druckusuren am Schädelknochen bei Zunahme des Schädelinhaltes. Ich glaube dem Umstande des in diesem Falle konstanten Druckes — solange es sich überhaupt um rein mechanische Einwirkungen handelt — mehr Bedeutung beimessen zu dürfen als der Tatsache, daß der Knochen gegenüber seitlichem Drucke weniger widerstandsfähig sei als gegenüber dem Längsdrucke, was schon durch die Anordnung der Knochenzellen plausibel schiene. Kommt näm-

lich ein Knochen auch in querer Richtung unter funktionellen Druck, dann vermag er sich umzubauen und knöchern zu bleiben. Das geht aus dem oben erwähnten Beispiele des Hallux valgus hervor und aus der mehrjährigen Beobachtung eines von Scherb operierten Falles, wobei eine Spanimplantation quer unter dem Metatarsale II mit Aufstützen auf Metatarsale I und III bei schwerem queren Plattfuße gemacht wurde. Im Laufe der Zeit hat sich der ausgesprochen quer beanspruchte Span umgebaut, ja er ist sogar an den Stellen größeren funktionellen Druckes dicker geworden.

Roux ist der Meinung, der Knochen sei nur, soweit er von Knorpel bedeckt ist, dauernd in der Lage, stärkere Druckkräfte aufzunehmen, immerhin liegen aber doch Beobachtungen vor, wo ohne Knorpelüberzug der Knochen nicht nur erhalten blieb, sondern sogar sich kräftig entwickelte. Ich erwähne hier nur das von Scherb in anderer Absicht beschriebene Beispiel einer nicht reponierten kongenitalen Luxation, bei welcher am oberen Femurende eine spontane Gabelung sich herausbildete, indem vom Trochanter minor aus, sich eine starke Knochenbrücke gegen das Becken zu entwickelte und dort zweifellos starken Druckkräften standhielt. Gerade hier zeigt sich ja die Bedeutung des funktionellen Druckes als trophisches Moment, wenn auch nicht als ausschließlicher Faktor.

Eine weitere scheinbare Ausnahme kommt bei den gelegentlich beobachteten Verknöcherungen von Sehnen vor, wo unter offensichtlicher Zugwirkung Knochenneubildung stattfindet. Die Erscheinung ist bei der sogenannten Myositis ossificans ganz ausgesprochen. Es ist aber zu bedenken, daß es sich von vornherein um einen pathologischen Zustand handelt, der sicher nicht von mechanischen Faktoren allein abhängig ist.

Ferner beobachtet man bei solchen Zuständen eine Verminderung der Gelenkexkursionen. Das hat zur Folge, daß die Gelenkdruckkomponente der Muskulatur größer wird. An den Sehnenansätzen ist sicher Zug vorhanden, gerade dieser Zug aber führt zu Druckspannungen im Bereich des Knochens. Die Wirkung erinnert an die Erscheinung bei jenen geflochtenen Hülsen, die, über einen Gegenstand gestülpt, umso mehr drücken, je mehr an ihnen gezogen wird. Jedenfalls steht also auch bei solch abnormen Zuständen der Knochen nicht unter ausschließlicher Zugwirkung. Daß überhaupt bei der Knochenbildung auch Faktoren eine Rolle spielen, die außerhalb der Mechanik liegen, werden wir noch sehen. Bisher konnten wir aber ausschließlich eine trophische Wirkung des Druckes allein feststellen und keine solche des Zuges.

Anwendung der bisherigen Ergebnisse auf einige Beispiele aus der Knochenpathologie.

Bevor ich auf die Leitsätze eingehe, die sich aus der eben entwickelten Betrachtungsweise für das Indikationsgebiet von Knochentransplantationen ergeben, möchte ich an Hand einiger Beispiele auf ihre Bedeutung für einige

praktisch wichtige Erscheinungen aus dem Gebiete der Knochenpathologie hinweisen.

Ich erinnere dabei einmal an die sogenannten Kallusfrakturen, die im heilenden Knochen bei „unzweckmäßiger" Beanspruchung entstehen können. Wissen wir einmal, daß diese unzweckmäßige Beanspruchung eben eine Zugbeanspruchung ist, dann können wir uns danach richten und bei Stellungskorrekturen von Knochen durch Osteotomie z. B. nicht über jene Lage hinausgehen, die noch eine gute funktionelle Druckbeanspruchung garantiert.

Aus der Frakturenlehre könnte an das folgende Beispiel erinnert werden. In der Frakturbehandlung spielen die sogenannten korrelaten Flexionsstellungen eine sehr große Rolle, die allerdings häufig genug nicht genau berücksichtigt wird. In neuerer Zeit macht M a t t i eindringlich auf ihre Bedeutung aufmerksam.

Wenn nun z. B. für die Semiflexion, d. h. für die korrelate Beugung des Hüftgelenkes eine Herabsetzung der Gesamtspannung resultiert, so wird dadurch einmal eine ideale Koadaptation der Bruchflächen erreicht. Aber nicht nur das. Die Knochenstücke werden in dieser Weise unter physiologisch verteilten funktionellen, in Anbetracht des Muskeltonus, wechselnden Druck gebracht und entgehen damit der Gefahr schädlicher Zugwirkung auf den Kallus. Darin liegt wohl auch die Bedeutung der Extensionsverbände überhaupt. Indem sie den Knochen oder, besser gesagt, die Bindegewebsorgane einer wechselnden Druckentlastung aussetzen, fördern sie eine normale Heilung. Die Druckentlastung ist wegen des hemmenden Einflusses der Muskulatur nicht etwa gleichbedeutend mit Zug. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung ergibt sich auch aus den Kriegserfahrungen, wo bei Extensionsverbänden in Fällen mit stark geschädigter Muskulatur leicht Pseudarthrosen entstanden, eine Tatsache, die unter anderem B r u n erwähnt. Die Erklärung ist meines Erachtens nicht schwer. Hier kann es nämlich durch das Anlegen eines Zugverbandes tatsächlich zu Zugwirkung auf den Knochen kommen, weil der normalerweise jegliche Extensionswirkung übersteigende Widerstand der Muskulatur wegfällt und damit auch der postulierte funktionelle Druck auf die Frakturstelle, der bei intakter Muskulatur in jeder Extension auf den Kallus einwirkt.

In dieses Gebiet gehören auch gewisse andere Formen von Pseudarthrosen, die ja auf verschiedene Weise zustande kommen können. Selbstverständlich ist von Defekts- oder Interpositionspseudarthrosen abzusehen. Dagegen gibt es lineäre Brüche mit typischer Lokalisation, die besonders gern der Ausheilung widerstehen. Wenn dabei auch konstitutionelle Momente, auf welche besonders B i e r Gewicht legt, sicher mitspielen, so spricht doch gerade die typische Lokalisation für die Mitwirkung eines mechanischen Faktors, und zwar, wie sich leicht feststellen läßt, im Sinne einer mangelhaften funktionellen Druckbeanspruchung, verbunden mit abnormen Zugwirkungen, wie sie, unter Be-

rücksichtigung der benachbarten Skelett- und Gelenkkonfiguration, durch die Tätigkeit des Muskelapparates zustande kommen. Bei der Pseudarthrose kommt es durch Zugwirkung zu Verschiebung, zu Reibung und zu Abscherung. Wir können also sagen, daß die bei der Gelenkbildung notwendige Bedingung der Bewegung in der Zugkomponente derselben liegt. Wir werden bei der Wirbelsäule derartige Bedingungen noch kennenlernen.

Hierher gehören auch die experimentellen Untersuchungen von Rigel und Vignal, welche durch regelmäßig wiederholte methodische Bewegungen in genau der gleichen Achse bei Extremitäten von Versuchstieren häufig sich eine Pseudarthrose bilden sahen. Sind bei einer Funktionseinwirkung auf pathologische Gelenkneubildungen, wie gesagt, in erster Linie die Bewegungen in wechselnder Richtung maßgebend, so sind eben in all diesen Fällen ausgesprochene Zugwirkungen im Spiele, und zwar bei der Parallelverschiebung, der Abscherung, sowohl als bei der Bewegung im Sinne des Ginglymus, als auch bei der Rotation im Sinne des Kugelgelenkes. Alle diese Bewegungen sind ohne Zugwirkung gar nicht möglich und aus Analogie mit dem bisher Angeführten kann die in der wechselnden Bewegung implizierte Zugkomponente für den Knochenabbau in erster Linie verantwortlich gemacht werden. Einige weitere Beobachtungen sollen diese Auffassung stützen.

In neueren Arbeiten über Pseudarthrosen ist vielleicht dem mechanischen Moment zu wenig Beachtung geschenkt worden. Daß normaler Knochen gegenüber derartigen Einflüssen nicht unverändert bleibt, beweisen die Experimente von Martin und W. Müller, wo bei Vorhandensein einer Pseudarthrose an zweiknochigen Gliedteilen Spaltbildungen am intakten Parallelknochen gesehen werden. Martin spricht dabei von sympathischem Knochenschwund, d. h. er neigt zur Erklärung des Befundes durch einen biologischen Faktor im Sinne von Bier. Nach W. Müller handelt es sich mehr um die Folgen abnormer mechanischer Reizungen, deren genauere Analyse allerdings sehr schwer ist. Auch Willich führt auf Grund seiner Experimente für Pseudarthrosenbildung mechanische Momente ins Feld. Lexer beobachtete Pseudarthrosenbildung in Spänen, wenn solche bei Doppelpseudarthrosen von Parallelknochen nur in den einen eingesetzt worden waren.

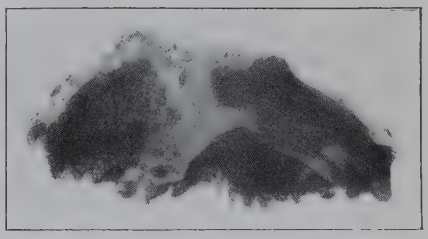
Ich glaube nun, diese abnormen mechanischen Wirkungen als Zugwirkungen näher definieren zu können. Wir haben gesehen, daß bei Biegungsbeanspruchung der Knochen zunächst einer in seinen verschiedenen Partien wechselnden Druckbeanspruchung ausgesetzt wird. Von einem gewissen Grade an wird aber, in erster Linie auf der Seite der Konvexität, diese Druckwirkung null und kehrt sich schließlich in eine Zugwirkung um. Der Abbau ist dann immer auf der Seite der Konvexität am stärksten.

Als weiteres Beispiel möchte ich noch einen selber beobachteten Fall von kongenitalem Klumpfuß bei einem erwachsenen Individuum erwähnen. Zur

Korrektur der Deformität wurde vor längerer Zeit eine ausgedehnte Keilresektion aus dem unteren Tibiaende, aus Talus und Kuboid unter Schonung der einzelnen Gelenkflächen, vorgenommen. Das Redressement gelang nachher nur unter einer gewissen Spannung, und 2 Jahre später mußte wegen Beschwerden ein zweites Mal eingegriffen werden. Es zeigte sich im Talus, besonders auf der Dorsalseite, ein Gewebe, das zur Hauptsache aus Faserknorpel mit nur vereinzelten Knocheninseln bestand; die beigefügte Röntgenphotographie des Präparates illustriert den Befund (Abb. 6).

Es handelt sich dabei nicht etwa um die ursprüngliche Gelenklinie. Wegen der sehr starken plantaren Widerstände war es in diesem Falle gar nicht zu einer richtigen funktionellen Druckbeanspruchung des Dorsums gekommen, mit anderen Worten blieben auf dem Fußrücken die durch die Keilresektion gesetzten Wunden im Knochen unter dauernder Zugspannung, so daß eine normale Ossifikation gar nicht zustande kommen konnte. Durch einen zweiten Eingriff wurde nach dem von Steindler-Amerika angegebenen Verfahren (hufeisenförmiger Hautschnitt, Beseitigung der plantaren Widerstände durch Ablösen derselben dicht am Kalkaneus) die Zugwirkung behoben und zugleich neuerdings auf dem Dorsum ossär korrigiert, worauf die schädliche Spannung verschwand und auch bei späterer Kontrolle nicht wieder aufgetreten war. Entsprechend ist jetzt die Ossifikation eine durchgehende. Dieser Fall stellt einen direkten Beweis für die Richtigkeit der hier vertretenen Anschauung dar. Nur nebenbei sei bemerkt, daß bei jedem aktiven Vorgehen in der Behandlung von Deformitäten die Berücksichtigung derartiger Verhältnisse am Platze ist und daß mehr als bisher das therapeutische Handeln danach eingestellt werden muß, wonach ein funktionell gutes Resultat nicht immer mit der vollen kosmetischen Korrektur zu vereinbaren ist.

Abb. 6.



In diese Kapitel gehören endlich auch die Beobachtungen Loosers bei Rachitis und Spätrachitis, wo am deformierten Knochen, an den Stellen stärkster Biegung aufgehellte Partien erschienen, denen der Autor den Namen Umbauzonen beigelegt hat. Die gleichen Beobachtungen wurden bei weiteren Knochenerkrankungen erhoben, bei denen es zu einer starken Atrophie kommt, so z. B. bei der Hungerosteopathie (Fromme, Simon) wo sich ein vermehrter Abbau der Knochenbalken und eine Verzögerung der Knochenbildung durch Apposition bemerkbar machten. Diese Stellen werden mechanisch besonders stark gereizt, genauer gesagt, sind sie mehr Zug- als Druckwirkungen ausgesetzt. Die stärkste Aufhellung findet sich auch immer an der Stelle größten Zuges. Daß natürlich dabei die Osteopathie Vorbedingung

bleibt, ist klar. In neuerer Zeit habe ich selber eine durch die funktionelle Umstellung der Interossei am Fuße bedingte Zugwirkung auf die Metatarsalia bei der sogenannten Marschfraktur feststellen können, die auch die Erklärung für diese oft beschriebene Affektion gibt.

Das Verhalten von Knochentransplantaten.

Es ist viel darüber diskutiert worden, wie ein transplantierter Knochenspan einheilt und welche qualitativen Bedingungen (Periost, Kortikalis, Mark) dazu erfüllt sein müssen. Die Entscheidung dieser Frage verliert allerdings scheinbar an Bedeutung von dem Momente an, da wir über das erste Einheilungsstadium hinaus den Dauerzustand berücksichtigen, d. h. das Stadium, in welchem das Transplantat vollständig umgebaut ist. Dieser Umbau geht dann nämlich nicht mehr vom Transplantat aus, sondern von seinem Lager, wie unter anderem aus den Beobachtungen von Brun und W. Müller hervorgeht. Brun kommt dabei zum Schluß, daß es sich um junge bindegewebige Elemente handelt, welche aus einem ossifikationsfähigen Gewebe ihren Ursprung nehmen und unter dem osteoplastischen Reiz zur Knochenbildung anregen. Das neue Knochengewebe paßt sich dann funktionell an. Und doch bleibt nach Axhausen transplantiertes Periost am Leben und bildet Knochen. Demnach ergibt sich, daß die Transplantation lebender Substanz bessere Resultate zeitigt als die Einführung von totem Knochen. Das weist darauf hin, daß das biologische Verhalten des Transplantates eine Rolle spielt, wie wir nachher noch an Hand unserer klinischen Beobachtungen sehen werden.

Nach L. Mayer u. a. geht unter Umständen von den Zellen des Kambiums des Periostes Knochenbildung aus, ebenso aus Zellen des Endostes. Wo der transplantierte Knochen abgestorben ist, erfolgt der Umbau, teilweise durch Resorption und appositionellen Anbau.

Jedenfalls spricht alles dafür, daß das Transplantat nicht als indifferente Übergangsmasse betrachtet werden darf, sondern daß seiner Vitalität und damit auch seiner Herkunft eine bedeutende Rolle zuzuschreiben ist, wie die Erfahrung an sehr verschiedenen Knochentransplantaten ergeben.

Im weiteren haben speziell die neueren Experimente von W. Müller zu Resultaten geführt, die für unsere Betrachtung von großer Bedeutung sind. Der Autor überbrückte an Versuchstieren das Sprunggelenk extrakapsulär durch einen Tibiaspan. Dabei fand sich ziemlich regelmäßig direkt dem Gelenk gegenüber eine Stelle im Transplantat mit gesteigerter Resorption, zu erkennen an dem lokalisierten auffallenden Schwunde des überpflanzten Knochengewebes. Ferner war hier die Apposition des neuen Knochens insofern gestört, als die periostale Knochenbildung eine Lücke aufwies, also eine pseudarthrotische Zone.

Nun spielt, wie gesagt, der Span einerseits die Rolle eines provisorischen

Füllmaterials, weil er mit der Zeit dem Ab- und Umbau anheimfällt, so daß wir es im Spätstadium mit einem Kallus oder einem Knochenstück zu tun haben, das vom Spanbette ausgeht. W. Müller selber ist geneigt, diese Anschauung allein zu akzeptieren. Soweit ist es verständlich, daß sich das Transplantat genau wie der übrige Knochen verhält. Das gilt für den Stoffwechsel, für den Umbau, für seine Abhängigkeit von mechanischen Faktoren. Aber nicht ohne Reserve. Denn das Transplantat bleibt, wie wir gesehen haben, selbst am Leben. Auch dieses untersteht den neuen mechanischen Verhältnissen und richtet sich danach. Wir werden weiter unten noch auf diesen wichtigen Punkt zu sprechen kommen. So kann ein kompakter Tibiaspan sich in einen Röhrenknochen mit Mark, Spongiosa und Kortikalis umwandeln. Aber abgesehen von diesen feineren Verhältnissen, liegt es auf der Hand, das einmal eingeheilte Transplantat wie normalen Knochen zu betrachten, d. h. anzunehmen, daß es den gleichen funktionellen Gesetzen folgt wie dieser.

Um auf die Experimente von W. Müller zurückzukommen, glaubt der Autor zur Erklärung seiner Befunde nicht auf die Bier sche Lehre zurückgreifen zu müssen, wonach in der Gelenksynovia sich ein Stoff vorfindet oder sich im Bedarfsfalle bildet, der imstande ist, Knochen, der nicht mit Knorpel überzogen ist, aufzulösen, schon deshalb nicht, weil ja im gegebenen Falle die Gelenküberbrückung extrakapsulär, vollständig außer dem Bereich der Synovia erfolgte. Vielmehr hält der Autor dafür, daß mechanische Einflüsse (dauernde Irritation) zum Knochenschwunde führen. Ich erwähne die Versuche hier etwas ausführlicher, weil es sich bei der Spanimplantation im Bereich der Wirbelsäule um ähnliche Verhältnisse handelt. Warum diese Spaltbildungen im Bereich gespanter Wirbelsäulen relativ selten beobachtet werden, soll später ausgeführt werden.

Ich glaube nun, daß bei der Versuchsanordnung W. Müllers die dauernde Irritation mechanisch genauer präzisiert werden darf. Die beiliegende Skizze stelle ganz schematisch und sehr vereinfacht ein Sprunggelenk dar. Von dynamisehen Einwirkungen durch die Muskulatur sei vorläufig ganz abgesehen. Man stelle sich einen durch eine Poliomyelitis vollständig gelähmten Fuß und Unterschenkel vor, der durch eine Spaneinpflanzung versteift werden soll (Abb. 7).

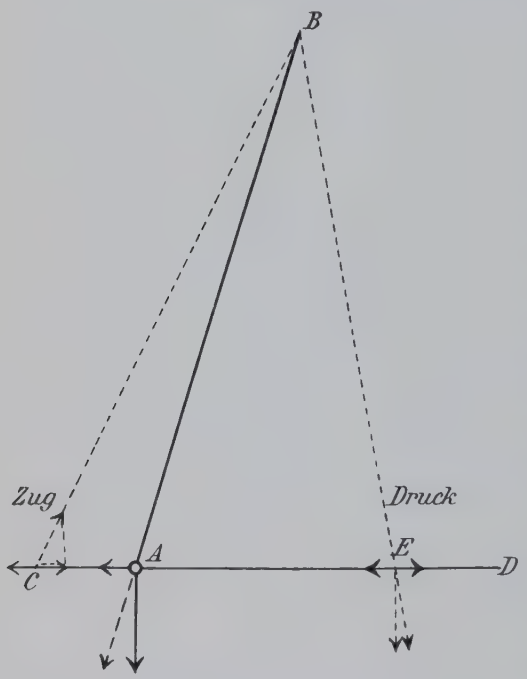
A B sei der Unterschenkel, monaxial beweglich gegenüber dem Fuß *C D*, der mit ganzer Fläche dem Boden aufliege. Die Exkursionsmöglichkeit von *A B* nach vorn ist größer als nach hinten. Wird einmal durch *C B* (Span), das andere Mal durch *E B* Gleichgewicht hergestellt, dann ist bei der gegebenen Stellung von *A B*, *C B* einer Zug-, *E B* dagegen einer Druckwirkung ausgesetzt. Beim Gehen und bei der Abwicklung des Fußes ist die Exkursion des Unterschenkels gegenüber der senkrechten nach vorn größer als nach hinten.

Aus dem bis jetzt über den mechanisch-funktionellen Reiz des Zuges und des Druckes Gesagten müßte in *B C*, im Bereich der Zugwirkung, der Knochen

eingehen. Die Müllerschen Versuche liefern auch den Beweis dafür. Konstruiert man in seinen Röntgenabbildungen in ähnlicher Weise wie oben die in Betracht fallenden Kräfte und zerlegt sie in der üblichen Weise, dann resultiert regelmäßig am Orte der Pseudarthrose eine Zugwirkung.

Auch unsere eigenen Beobachtungen am Menschen, wo aus irgend einem Grunde ein Span so eingesetzt wurde, daß er vorwiegend Zugkräften ausgesetzt war und demnach auch pseudarthrotisch wurde, sprechen für die Wichtigkeit, die diese mechanischen Betrachtungen bei jedem Operationsplane haben. Damit stimmt dann aber auch anderseits überein, daß unter Berücksichtigung der in Betracht kommenden Faktoren: Exkursionsfähigkeit, Verhalten bei der neuen Funktion, tatsächliche Exkursion, mögliche Endstellung, Einwirkung eventuell noch vorhandener Muskelkräfte, eine Lage für einen Span herauszufinden ist, in welcher er unter funktionellem Druck steht. Das ist unter Umständen sehr gut möglich, wie aus den Resultaten von Scherb bei der Feststellung des Sprunggelenkes durch einen Femurspan hervorgeht.

Abb. 7.



Bei dieser Gelegenheit ist aber noch ein weiterer Punkt zu berücksichtigen. Gerade in Fällen, in denen durch Spanplastik ein Gelenk überbrückt wird, kommt man selten in die Lage, auch bei der Wirbelsäule z. B., das Transplantat reinem funktionellen Drucke auszusetzen. Vielmehr ist, wie oben im angeführten Falle der Knieankylose, mit einer Biegungs- und Knickungsbeanspruchung zu rechnen. Hier entstehen also neu gerichtete Kräfte, zum Teil auch Zug. Stimmen unsere bisherigen Ausführungen, dann folgt daraus, zunächst rein theoretisch, daß das Transplantat von vornherein eine gewisse Dicke besitzen muß, wenn es in ihm durch die Biegung zur Entstehung von funktionellen Druckkräften kommen muß. Eine Knochenlamelle von nur geringer Dicke würde, selbst wenn sie nicht von vornherein der Abknickung nachgäbe, doch vorwiegend unter Zug kommen. Wir haben gesehen, daß bei der Knickung neue Kräfte entstehen, welche die Konkavität der Kon-

vexität zu nähern suchen. Diese neuen Kräfte sind Druckkräfte, die in dem Maße trophisch-funktionell wichtig werden, als eine zunehmende Abbiegung allmählich Zugkräfte hervorruft. Das materielle Substrat zur Auswirkung der erwähnten neuen Druckkräfte ist aber die Spandicke. Daß die Wirklichkeit mit diesem theoretischen Postulat übereinstimmt, beweisen zwei eigene Mißerfolge, das eine Mal über dem Sprunggelenk, das andere Mal nach dem Versuch bei einem kongenitalen Fibuladefekt einen Malleolus externus herzustellen. In beiden Fällen zeigte sich ein partieller Schwund des Spanes, und zwar an der Stelle größter Biegung. Der Span war nur sehr dünn gewählt worden. Andere Fälle mit dickeren Transplantaten blieben dagegen erfolgreich, zeigten aber auch im neuen Knochen eine entsprechend der Knickung veränderte Struktur. Die neu entstehenden Druckkräfte, die im Beispiel der Knieankylose als Radspeichen bezeichnet wurden, prägen dem neuen Knochengebilde ihre Wirkung auf. Dank ihnen kommt die typische Zugwirkung erst später zur biologischen Auswirkung. Sie paralysieren den unerwünschten Zug, indem sie als Druckkomponenten die Erhaltung des Knochengewebes gewährleisten.

Nun ist es klar, daß je größer der Abstand von der Konvexität zur Konkavität ist, umso eher sich derartige Kräfte biologisch im Sinne der Knochenbildung auswirken können.

Es ist dieses Verhalten aber der Beweis für die einfache Forderung, daß ein Span, sobald er nicht reinem funktionellem Druck ausgesetzt werden kann — und das ist wohl fast immer der Fall — eine gewisse Dicke von vornherein haben muß. Wir werden im klinischen Teil aus den Erfahrungen an unseren Operierten weitere Beweise für die Richtigkeit dieser Behauptung liefern. Dünne Späne gehen ein, weil wohl die neuen Kräfte bei ihrer Biegung entstehen, diese sich aber sehr bald außerhalb des Knochensubstrates befinden. Hat der Span dagegen eine gewisse Dicke, dann vermag er die Biegung so lange auszuhalten, als sich diese in neuen Druckkräften innerhalb der Knochensubstanz auswirkt. Diese Kräfte sind es, die das Gewebe knöchern erhalten — wenn natürlich mit entsprechend neu gerichteter Struktur — über die zuerst an der Konvexität auftretenden Zugkräfte hinaus. Natürlich hat auch dieser ausgleichende Vorgang seine Grenze. Er ist aber mit ein Grund, warum die Provenienz eines Spanes, d. h. seine ursprüngliche physiologische Beanspruchung, eine Rolle spielt, warum anderseits aber gerade bei der Wirbelsäule z. B. in Knochentransplantaten nicht sehr häufig Pseudarthrosen beobachtet werden.

Wir können demnach sagen, daß ein Span so lange knöchern erhalten bleibt, als sich die auf ihn wirkenden, biegenden Kräfte in Druck, wenn auch in durchaus neu gerichtetem Druck, auswirken. Das ist umso länger möglich, als die Distanz von der Konvexität zur Konkavität groß ist.

Jedenfalls müssen, sollen die osteoplastischen Methoden nicht in Mißkredit kommen, immer die in Betracht kommenden Faktoren genau analysiert

werden, und es darf nicht mit der tröstlichen Zuversicht, daß Zug und Druck schon die nötige Umbildung bewirken werden, planlos Knochen transplantiert werden. Nur der funktionelle Druck ist maßgebend.

Nun gibt es allerdings Fälle, in welchen das Postulat einer knöchernen Einheilung gar nicht gestellt zu werden braucht, wo im Gegenteil gerade über einem Gelenk eine Einheilung als Faserknorpel genügt, wo somit auf die funktionelle Druck- oder Zugbeanspruchung keinerlei Rücksicht zu nehmen ist. Im allgemeinen wird aber doch immer knöcherne Einheilung beabsichtigt werden.

In dieses Kapitel gehören auch die Versuche von Gelenkbolzungen durch autoplastisches Material, über deren Resultate neuerdings von O d e r m a t t und N a e g e l i berichtet wird. Eine intraartikulär, senkrecht zur Bewegungsachse eines Gelenkes ausgeführte Bolzung muß im Bereich der Gelenkspalte, selbst im fixierenden Gipsverbande, der niemals geringe Bewegungsmöglichkeiten auszuschließen vermag, durch Abscherung Zugbewegungen ausgesetzt sein, die wohl in erster Linie für die regelmäßig beobachtete Entwicklung einer Pseudarthrose oder einer Unterbrechung des Transplantates verantwortlich zu machen sind. Sobald einmal die Auffassung von der knochenbildenden Funktion des Zuges und des Druckes fallen gelassen und die ausschließliche Bedeutung des Druckes allein berücksichtigt wird, werden auch die Resultate andere sein. Allerdings wird für viele Gelenke die Möglichkeit einer Bolzung durch autoplastisches Material überhaupt wegfallen. Eher wird extraartikulär ein Weg zu finden sein, schon auch wegen der möglichen biologischen Einwirkung der Synovia auf das Transplantat.

Daß pseudarthrotische Aufhellungen in Spänen, die an der Wirbelsäule angebracht werden, nicht häufiger zu beobachten sind, mag einerseits, wie W. M ü l l e r meint, darauf beruhen, daß durch die Muskulatur reflektorisch ein gewisser Schutz gegen die abnorme Irritation, nach unseren Ausführungen, besser gesagt, gegen schädliche Zugwirkung ausgeübt wird. Noch mehr aber scheint mir die Erscheinung, die wir an Hand unseres Materiales bestätigen können, durch die besondere Art der Wirbelgelenke erklärlich. Sie haben in dieser Hinsicht im Gegensatz zu den Extremitätengelenken den Vorteil, daß sie durch die Funktion der Zwischenwirbelscheiben bei jedem Bewegungsversuch einen gewissen Widerstand zu überwinden haben, der mit zunehmender Exkursion wächst. Die Extremitätengelenke dagegen sind unbehinderter beweglich und finden einen passiven Widerstand erst in ihren Endstellungen. Daraus ergibt sich umgekehrt die praktisch wichtige Forderung bei Spanüberbrückung von Extremitätengelenken, diesen elastischen Widerstand, durch partielle Arthrodesierung z. B., bis zu einem gewissen Grade nachzuahmen. Ein weiterer Grund für die seltene Pseudarthrosenbildung liegt, wie schon oben erwähnt, in der Spandicke.

Weiter dürfen wir bei der Druckbelastung nicht außer acht lassen,

daß alle abdrehenden Kräfte, welche auf ein Knochentransplantat einwirken, eine Komponente besitzen, welche senkrecht zum funktionellen Druck steht. Das kompliziert und erschwert die Verhältnisse. So haben wir in einem Wirbelsäulenabschnitt, der wegen einer progressiv fortschreitenden Deformität, sagen wir einmal einer lumbosakralen Anomalie, osteoplastisch behandelt werden muß — auf die Verhältnisse bei Spondylitis soll, um Wiederholungen zu vermeiden, erst später eingegangen werden — nicht nur die Bewegungsmöglichkeiten in den regionalen Gelenken, sondern auch die Torsionskräfte, deren Bedingungen in der Deformität selber liegen, zu berücksichtigen und danach unsere Technik einzurichten. Der Rücken bildet mit der Wirbelsäule ein elastisches System, das, durch irgend eine Ursache gestört, zu einer spiraligen Aufwindung führt. So ist bei einer progredienten Formveränderung, entsprechend den anatomischen Verhältnissen der Wirbelsäule, eine ideale Lage des Spanes allerdings nur sehr approximativ möglich. Das Transplantat wird häufig die Torsion mitmachen. Die Lehre von der funktionellen Anpassung bleibt eben in diesem Punkte zu Recht bestehen. Allerdings können umgekehrt durch einen Span die Verhältnisse so verschoben werden, daß die Progredienz eines Prozesses doch paralysiert wird, wie das z. B. bei einem von Scherb beschriebenen Fall von Spondylolisthesis der Fall gewesen ist.

Wir werden sehen, daß bei der progressiven spondylitischen Verbiegung, unter Umständen die Deformierung so weit gehen kann, daß die geforderte Wirkung eines Spanes vollkommen illusorisch wird. Jeder pathologische Prozeß setzt eigene Bedingungen. In den Experimenten von Hoeßly wurden operativ den Versuchstieren Wirbelkörper teilweise entfernt, ein in die Dornfortsätze implantierter Span vermochte in diesem Falle die Deformität, d. h. den Gibbus, bedeutend hintanzuhalten. Beim Tiere ist das elastische System des Rückens ganz anders zu bewerten als beim Menschen mit seinem aufrechten Gang. Dieser erfordert eine Menge neuer Automatismen und neue Funktionen überhaupt, so daß von vornherein jede Übertragung von Resultaten aus Tierversuchen auf den Menschen sehr gewagt erscheint. Abgesehen davon war aber bei den von Hoeßly operativ gesetzten Läsionen die Abdrehung in den regionalen Gelenken und damit auch im Span keine große. Ferner hielt im Momente der stärksten Läsion der Span natürlich so lange stand, bis sein Umbau einsetzte. Während desselben aber setzten im Bereiche der Läsion reparative Vorgänge ein, und damit wurden auch die abdrehenden Kräfte vermindert. In gleicher Weise erkläre ich mir die Leistungsfähigkeit des Spanes bei Wirbelluxationen (de Quervain) und bei Spondylolisthesis (Scherb). Hier handelte es sich eben nicht um progrediente destruktive Prozesse. Zudem darf, ganz ähnlich wie physiologischerweise schon, die Tibiakante z. B., sicherlich dem Spane auch eine geringe Beanspruchung auf Biegung zugemutet werden, solange wenigstens diese Biegungskomponente mit einer funk-

tionellen Druckbeanspruchung einhergeht. Die Verhältnisse kehren sich aber vom Momente an um, wo die Biegungsbeanspruchung eine Zugwirkung ausübt. Dieser Fall ist natürlich bei einem progredienten Prozesse, wie ihn die Tuberkulose darstellt, viel eher gegeben, wenigstens solange nicht die natürlichen Reparationsvorgänge einsetzen. Nebenbei bemerkt, gestalten sich bei der Tuberkulose die Einheilungsbedingungen auch schwieriger, weil die Vitalität des Spanbettes in der Nachbarschaft des entzündlichen Prozesses vielfach leidet, ganz abgesehen davon, daß überhaupt die Intensität des Stoffwechsels im Knochen individuelle Verschiedenheiten aufweist. Übrigens hat schon de Quervain, als er nach seinen ersten Operationen bei Wirbelluxationen auf die Möglichkeit einer therapeutischen Anwendung des Verfahrens bei Spondylitis hinwies, in dieser Hinsicht Bedenken geäußert.

Ganz allgemein gesagt, deformiert sich jeder Span so lange, bis die Region seines Bettes mechanisch einen gewissen Gleichgewichtszustand erreicht hat. Sind in diesem Endzustande mehr Zug- als Druckkräfte vorhanden, die auf ihn einwirken, dann geht er ein oder wandelt sich an der betreffenden Stelle in Faserknorpel um. Knöchern bleibt er nur, wenn er funktionellen Druckkräften ausgesetzt ist. Dabei darf ihm unter Umständen auch eine gewisse Beanspruchung auf Biegung zugemutet werden, solange diese nicht zur Entstehung von Zugkräften führt. Der weitere Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung folgt im speziellen Teil. Jedenfalls sind diese Ergebnisse bei jedem Operationsplane zu berücksichtigen. Man hat dem Knochenspan viel zu sehr die Aufgabe eines leblosen, festen Materials zugemutet, und so erscheint es auch begreiflich, daß zu festem Material gegriffen worden ist. Ich erinnere dabei an die ersten Versuche von Lange, lange Zeit bevor die Implantation von lebendem Knochen ausgeführt wurde. Ich erinnere auch an die verschiedenen Methoden zur Osteosynthese. Selbst in neuerer Zeit wird sogar für die Spondylitis die Einpflanzung von körperfremdem Material warm empfohlen. Ein derartiges Material ist leistungsfähiger, aber es fixiert sich nicht an den bestehenden Knochen, so daß seine fixierende Wirkung zum guten Teil eine Illusion ist. Ferner haften dem Verfahren Nachteile an, auf die einzugehen nicht hierher gehört.

Die biologischen Faktoren bei der Knochenbildung.

Nachdem wir nun gesehen haben, welche mechanischen Momente bei der Knochenbildung zu berücksichtigen sind, nachdem ferner auch die Prinzipien, die sich daraus für die Spanimplantation ergeben, berücksichtigt worden sind, müssen wir uns nun den Faktoren zuwenden, die außerhalb von Zug und Druck stehen. Wenn versucht worden ist, zu zeigen, daß von mechanischen Faktoren

der Druck allein und nicht der Zug einen bedeutenden Einfluß auf die Knochentrophik hat, dann soll das nicht etwa heißen, daß der Druck überhaupt, allein eine Rolle spiele, ja daß der Druck gar in der Lage wäre, Knochen zu bilden. Der Druck stellt lediglich einen uns bekannten trophischen Faktor im vorgebildeten Knochen dar. Jedenfalls ist es zu weit gegangen, zu behaupten, der Knochen wachse gewissermaßen in seine Funktion hinein. Die schweren Lähmungen des frühesten Kindesalters, mit vollständigem Wegfall statischer und dynamischer Funktionen einer Extremität, zeigen ungefähr normalen, wenn auch atrophischen Knochen. Diese Fälle beweisen auch, daß die Wirkung der anliegenden Weichteile, also vor allem der Muskeln in der Formgestaltung des Knochens nur eine unwesentliche Rolle spielen. Vielmehr ist die primäre Form genetisch gegeben. Welche biologischen Faktoren dabei eine Rolle spielen ist größtenteils unbekannt. Form und Funktion hängen allerdings sehr enge zusammen. Das will aber nicht heißen, daß bei pathologisch veränderter Funktion auch ohne weiteres die Form nachfolge, gewissermaßen rein nur auf Grund der veränderten mechanischen Verhältnisse sich zweckmäßig anpasse. W o l f f ist in der Entwicklung seiner Lehre in dieser Hinsicht zu weit gegangen. R o u x selber weist darauf hin, daß die kongenitale, im Keim bedingte Anlage eine wichtige Rolle spiele.

Ein Beispiel für diese genotypisch gegebene Komponente ist ein kürzlich beobachteter Fall von sogenannter kongenitaler Coxa vara, wo trotz vollkommener Umstellung der mechanischen Faktoren die ursprüngliche Form eben nicht verschwunden war, sondern nur zu entsprechenden Strukturveränderungen und zu einer verspäteten Ossifikation des oberen Femurendes geführt hatte.

Umgekehrt ist auch schon die mechanische Entstehung der Struktur angezweifelt worden. Unsere Beispiele, mit ihren abnormen funktionellen Bedingungen scheinen immerhin das Gegenteil zu beweisen.

Trotzdem bleiben aber viele Punkte wenig abgeklärt. Um in dieser Hinsicht nur auf unsere Beispiele zurückzugreifen, erscheint es fraglich, ob die Erklärung, die wir für die Struktur der Exostose im Metatarsale oder im Wirbel gegeben haben, auch für die Bildung dieser Exostosen als solche gelten. Denn bei der Coxa vara hatten wir auch veränderte Druckverhältnisse, ohne dabei, außer natürlich der Veränderung am Schenkelhalswinkel, eine prinzipielle Formveränderung zu sehen. Jedenfalls ist für die Exostosenbildung das Vorhandensein uns unbekannter Faktoren (es ist nicht gesagt, daß diese entzündlicher Natur seien) nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen.

In ähnlicher Weise mögen bei Spanplastiken, außer den grob mechanischen (Zug, Druck, Biegung), andere Momente zu berücksichtigen sein, die uns zum großen Teil allerdings unbekannt sind. Immerhin haben wir gesehen, daß ein lebender Knochenspan anders zu bewerten ist als totes Knochenmaterial. Vom Momente an, da wir aber die Rolle dieser Vitalität anerkennen, ist es

sehr naheliegend, darauf Rücksicht zu nehmen, ganz gleich, wie weitgehend der Umbau und damit der Einfluß des Spanbettes gehen mag. Das ist hier denn auch bei verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten der Spanplastik geschehen. Die Erfahrung lehrt, daß die erwähnte Vitalität sich sogar auf die Wachstumskraft erstreckt, wenn auch nur unter besonderen Bedingungen, indem selbst Epiphysenscheiben einheilen, so daß in diesem Falle Wachstumsstörungen, bedingt durch Knochenimplantate, wenig zu befürchten sind. Im übrigen verweise ich in dieser Hinsicht auf den speziellen Teil der Arbeit.

Es zeigt sich, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, wo Knochenmaterial entnommen wird, ein Punkt, den zu berücksichtigen zunächst mehr der Intuition überlassen zu sein scheint.

Als de Quervain seine ersten Spanplastiken an der Wirbelsäule ausführte, indem er als Stützmaterial die T-förmig gebaute Spina scapulae verwendete, lag ihm wohl der gleiche Gedanke nahe.

A priori erfüllen ja im Organismus die verschiedenen Knochen auch verschiedene Aufgaben. Beim Menschen gibt es zwar keine reinen Zugknochen, im übrigen sind aber die Funktionen sehr verschieden, und es ließe sich eine Reihe von Beispielen dafür aufzählen, wo eigentlich, mechanisch-funktionell gedacht, gar kein Knochen zu erwarten wäre. Ich denke an gewisse Teile der Beckenknochen, an die Tibiakante u. a., die einfach als primär gegeben zu betrachten sind.

Nun sind zu Autoplastiken die verschiedensten Knochen verwendet worden, vielfach in zu weitgehendem Vertrauen auf die spätere funktionelle Anpassung. So haben die Rippen ganz andere Aufgaben als etwa die Spina scapulae. Nach unserer Erfahrung gibt die als Pfeiler bei der osteoplastischen Versteifung der Wirbelsäule verwendete Rippe ein schlechtes Dauerresultat, trotzdem natürlich ihre gebogene Form zu ihrer Verwendung über einer Gibbosität oder auch über einer physiologischen Lordose (Halswirbelsäule z. B.) verführt. Ganz allgemein kann gesagt werden, daß für die Spanplastik dasjenige Material sich am besten eignet, das physiologischerweise schon die Funktion auszuüben hat, die ihm als Transplantat zugemutet wird. Diese Ansicht stützt sich auf die Erfahrung an Dauerresultaten. Die Tibia mit ihrer Fähigkeit, im wesentlichen als fester Pfeiler zu wirken, ist in dieser Hinsicht natürlich viel geeigneter, während der obere Teil des Femurschaftes, schon seiner Form nach zu schließen, mehr auf eine federnde Beanspruchung eingestellt, besser dort verwendet wird, wo eine derartige Funktion gerade erwünscht ist.

Daß im übrigen Knochenimplantate, je nach ihrer Funktion hypertrophieren oder atrophieren, erscheint nach all dem Gesagten nicht mehr verwunderlich. Allerdings sind schon im normalen Knochen die Bedingungen zur Atrophie und Hypertrophie sehr mannigfache und zum Teil noch sehr wenig bekannte,

jedenfalls aber nicht ausschließlich von mechanischen Faktoren abhängig. Schon konstitutionell sind ja die Verschiedenheiten sehr groß. Bis zu einem gewissen Grade vermögen wir auch bei der Knochenplastik der im Keim bedingten Anlage Rechnung zu tragen. Gerade die Berücksichtigung des konstitutionellen Momentes aber bietet mangels objektiver Kriterien praktisch große Schwierigkeiten.

Immerhin haben wir, neben all den vielen unbekannten Faktoren, eine Reihe von positiv feststehenden Ergebnissen kennengelernt, mit deren Hilfe wir die Indikation zu Knochentransplantationen und auch das Schicksal der Implantate genauer präzisieren können.

II. Teil.

Die tuberkulöse Wirbelsäule und die Knochenplastik.

Nach Besprechung des Schicksales von Knochentransplantaten kann erst nach Klarlegung der pathologischen Physiologie der tuberkulösen Wirbelsäule die Frage eventueller osteoplastischer Operationen bei diesem Leiden diskutiert werden.

Im allgemeinen wird in der Literatur auf die eigenartige Evolution des spondylitischen Prozesses und besonders auf die besonderen physiologischen Verhältnisse der veränderten Wirbelsäule zu wenig Rücksicht genommen.

Vorläufig sei von den vielen Komplikationsmöglichkeiten, wie Abszeß, Fisteln, nervöse Läsionen, anderweitige Lokalisation der Krankheit, ganz abgesehen. Sie alle verschieben ja die therapeutische Indikation in hohem Maße, jedoch kaum im Sinne eines aktiveren Vorgehens bezüglich der Osteoplastik.

Einige wichtige Punkte im Verlaufe der Spondylitis.

Im allgemeinen verläuft die Spondylitis verschieden, je nach dem Sitz der Affektion — zum Teil aus mechanischen Gründen — und je nach dem Alter der Patienten. Die Spondylitis des Kindesalters ist in jeder Hinsicht anders zu bewerten als die Spondylitis des Erwachsenen, ein Unterschied, der, oft genug, zu wenig hervorgehoben wird.

Bei einer Spondylitis sind, mehr noch als vielleicht bei anderen Lokalisationen der Knochentuberkulose, der spezifische Prozeß einerseits, die Functio laesa anderseits, die sich in besonderen mechanischen Bedingungen äußert, auseinanderzuhalten. Natürlich sind im konkreten klinischen Falle beide Faktoren nicht scharf voneinander zu trennen, da sie ineinander übergreifen und einen Circulus vitiosus in dem Sinne bilden können, daß sie sich, bei unzweckmäßigem Verhalten, gegenseitig verschlimmern. Wir müssen uns bewußt bleiben, wie es übrigens von anderen Autoren auch schon betont worden ist, daß wir durch die orthopädische Behandlung in erster Linie nicht auf den spezifischen Prozeß, sondern auf die Funktion einzuwirken vermögen, eine Einwirkung allerdings, die kraft der Verkettung der beiden Prozesse, indirekt wiederum die spezifische Affektion zu beeinflussen vermag. Letzten Endes ist die Spondylitis, theoretisch wenigstens, ein immunbiologisches Problem. Ihr eigenartiger Verlauf bedingt aber, daß praktisch mechanisch-biologische Faktoren im Vordergrunde des Symptomenbildes und damit der Therapie stehen.

Der spezifische Prozeß braucht zu seiner Evolution eine ganz bestimmte Zeit, im Tieflande wie im Hochgebirge, mit und ohne Behandlung. Ja, er führt wohl mehr als andere Lokalisationen der Tuberkulose eine bis zu einem gewissen Grade selbständige Existenz, die von spezifischer und unspezifischer Immunität weniger abhängig ist als z. B. der Verlauf einer Lungentuberkulose.

Natürlich spielt der Allgemeinzustand eine Rolle, wie z. B. das große Experiment der Hungerjahre in Deutschland ergeben hat (Fromme, Schasse, Biesalski). Hier war der Verlauf der Krankheit ein ganz torpider und auch prognostisch ungünstiger. Selbstverständlich nehmen wir auf den Allgemeinzustand die größtmögliche Rücksicht (Heliotherapie, Klimatotherapie). Aber auch in der Schweiz, wo die Verhältnisse zum Teil denkbar günstig sind, kommen wir, selbst wenn die Krankheit unter immunbiologisch günstigsten Verhältnissen evoluiert, nicht um den wichtigsten Faktor, einer relativ langen Dauer, herum. So überflüssig es scheinen mag, auf diesen Punkt besonders zu sprechen zu kommen, so weist doch die Literatur immer wieder Arbeiten auf, welche diese Elemente der pathologischen Physiologie nicht in Betracht ziehen. Im übrigen sind die immunbiologischen Verhältnisse nicht Ziel dieser Ausführungen.

Die orthopädisch-chirurgische Therapie richtet ihr Augenmerk auf eine Beeinflussung der mechanisch-funktionellen Faktoren. Das Verdienst, diese von dem spezifischen Prozesse als solchem scharf getrennt zu haben, gehört meines Wissens wohl Lannelongue, als der bei Spondylitis neben den spezifischen Erscheinungen die „Arrosion compressive“ unterschied. So charakteristisch und einleuchtend der Ausdruck ist, so ist er doch nicht ganz umfassend, denn unter den mechanischen Momenten dürfen wir selbstverständlich nicht nur die Kompression durch das Körpergewicht verstehen. Und zudem gehört bis zu einem gewissen Grade die jedem Entzündungsprozeß parallel gehende kollaterale Entzündung hierzu sowie der sekundäre Knochenab- und -aufbau. Besser wäre deshalb der umfassendere Ausdruck von sekundären Stoffwechselstörungen im Knochen, wobei wir uns aber bewußt bleiben müssen, daß dabei mechanische Faktoren eine wichtige Rolle spielen.

Das Kindesalter.

Wie evoluiert nun der Prozeß beim Kinde? Je nach dem Sitz der Erkrankung im Hals-, Brust- oder Lendenteil (von der subokzipitalen und sakralen Lokalisation sehe ich wegen einer zu geringen persönlichen Erfahrung ab) ist der Verlauf ein etwas verschiedener.

Aus unserem Material ergibt sich, zum Teil in Übereinstimmung mit den Erfahrungen anderer, der folgende Verlauf. Bei der Dorsalspondy-

litis kommt es zu hochgradigen Deformitäten, denn da bei der Krankheit gewöhnlich die hinteren Partien der Wirbel verschont bleiben, erfolgt das Zusammensinken der Wirbelkörper sagittal, um eine frontale Achse, was natürlich bei der schon physiologischerweise vorhandenen Dorsalkyphose, in Verbindung mit dem meist sehr ausgedehnten Einschmelzungsprozeß, sowie der besonderen Konfiguration des elastischen Systems, zum Gibbus führt.

Bei der lumbalen Lokalisation ist aus verschiedenen Gründen ein Einsinken der Wirbel ohne wesentliche äußerlich sichtbare Gibbusbildung in viel weitgehenderem Maße möglich. Die physiologische Lordose, die bessere Möglichkeit kompensatorischer Krümmungen, die mehr sagittale Stellung der Gelenkflächen, nicht zuletzt der dicke Muskelmantel, tragen dazu bei. Bei der Halsspondylitis handelt es sich nach unseren Erfahrungen im allgemeinen um Herde von geringer Ausdehnung, zudem ist auch hier für den Vorgang des Zusammensinkens reichlich Raum vorhanden, so daß die Einschmelzung an dieser Lordose selten durch einen Gibbus zum Ausdruck kommt. Die Muskelsäule ist ebenfalls eine bedeutende.

Im Rückenteil wird schon durch die normale Längsspannung der Wirbelsäule der Gibbus einerseits im Dorsalteil ungünstig, im Bereich der physiologischen Lordosierungen dagegen günstig beeinflußt.

Die Wirbelsäule stellt ein elastisches System dar, das unter normalen Verhältnissen in einem ganz bestimmten Gleichgewicht steht. Das Rückensystem von elastischen Spannungen hält die Wirbel unter einem ziemlich starken Druck. Bei der Leiche z. B. nimmt die Wirbelsäule nach Durchtrennung der passiven elastischen Widerstände um mehrere Zentimeter zu. Der gewaltige Druck, unter welchem normalerweise die Wirbel stehen, wird ausgeglichen und gleichmäßig verteilt, vor allem durch die Zwischenwirbelscheiben, deren Wirkung schon erwähnt worden ist.

Wird nun das elastische System durch einen tuberkulösen Prozeß gestört und aus dem Gleichgewicht gebracht, so ist leicht einzusehen, welche gewaltigen Kräfte auf diese Weise zur Auswirkung gelangen. Gerade die Gibbusbildung liefert dafür einen sinnfälligen Beweis. Fehlt der Gibbus, wie im Bereich der physiologischen Lordosierungen, so ist die dynamisch mechanische Störung dennoch unter Umständen eine sehr große, wie wir unten noch sehen werden.

Natürlich kann auch im Brustteil der Gibbus fehlen, bei der sogenannten epiphysären Form der Tuberkulose, bei welcher der Prozeß gleichmäßig zwei benachbarte Wirbel angreift unter mehr oder weniger starker Einschmelzung der Zwischenwirbelscheiben. Ferner fehlt die Deformität bei der sogenannten Spondylitis superficialis, wo der Prozeß auf die ventralen Partien ohne große Einschmelzung der Wirbelkörper beschränkt bleibt. Alle diese Abarten interessieren uns hier weniger, da sie eher selten sind und da sie im Hinblick auf

eine osteoplastische Behandlungsnotwendigkeit eine geringe Rolle spielen. Die Verhältnisse beim Erwachsenen, mit gewöhnlich geringer Gibbusbildung, werden uns noch weiter unten beschäftigen.

Nun hat die Einschmelzung der Wirbel aus verschiedenen Gründen eine Veränderung der statischen und dynamischen Verhältnisse, nicht nur lokal, sondern im ganzen, zur Folge.

Die Wirbelsäule ist als feste mehrgliederige, aber nicht starre Verstrebung des elastischen Rückensystems zu betrachten, die allerdings mechanisch außerordentlich schwer zu analysieren ist. Das elastische System greift dorsal im Bereich der Bogen und Fortsätze an, ventral ist es zum Teil weit nach vorne verlagert, indem es zum großen Teil nicht direkt, sondern nur indirekt, und dadurch mit großem Hebelarm mit der Wirbelsäule in Kontakt steht (Beckenthorax). Vergessen wir dabei nicht, daß gerade beim Menschen, beim aufrechten Gange durch eine ganze Reihe von Muskeln, dorsal vorab durch den Erector trunci im Sinne des erwähnten Längsdruckes eingewirkt wird, eine Tatsache, die für die Gibbusbildung und dann auch für die Indikation zu einer eventuellen Spanplastik von außerordentlicher Wichtigkeit ist. Die einwirkenden Muskelkräfte sind nicht überall gleich stark, was schon aus dem anatomischen Bau hervorgeht, indem nach B r a u s der mediale Trakt der tiefen Rückenmuskulatur, entsprechend den beiden Tragfedern, nämlich dem Lumbodorsal- und dem Zervikalteil der Wirbelsäule, dick, entsprechend dem mehr stabilen Brustkorbe dort dünner ist. Das ganze Muskelspiel verläuft in komplizierten Automatismen, welche die phylogenetisch neue Funktion des aufrechten Ganges gewährleisten. Unter diesen Umständen wird die funktionelle Analyse des durch eine tuberkulöse Affektion gestörten elastischen komplexen Systemes zu einer schwierigen Aufgabe.

Der Gibbus.

Die Einschmelzung von Wirbelkörpern, die äußerlich zum Gibbus führt, wirft die Wirbelsäule aus dem Gleichgewicht. Zunächst geht der Vorteil der S-Form verloren, und welche Rolle dabei den zerstörten Zwischenwirbelscheiben zukommt, haben wir bereits gesehen. Mehr denn irgendwo versagt hier die rein mechanische Betrachtung der Gelenkkomplexe, denn im lebenden Organismus ist die Reaktion auf den durch den Prozeß gesetzten mechanischen Defekt eben nicht rein mechanisch, sondern biologisch-funktionell. Man denke an alle die kompensatorischen Vorgänge, auf die Reaktionen der näher und weiter entfernten Gelenke, die mechanisch zu fassen ein Ding der Unmöglichkeit ist. Die Muskulatur, anfänglich reflektorisch gereizt, strebt einer gewissen Reklination der Wirbelsäule entgegen. Es entstehen kompensatorische Krümmungen oberhalb und unterhalb der lädierten Stelle, welche ihrerseits beim Nachlassen des Muskeltonus selber zu einer Verstärkung des Gibbus führen können.

Im chronischen Zustande äußert sich in der Nachbarschaft der erkrankten Stellen die Verschiebung des Gleichgewichtes in gewissen morphologischen Veränderungen. Schultheß hat schon früher, in anderem Zusammenhange, auf einige Punkte hingewiesen. Paragibbär war der Nucleus pulposus der Zwischenwirbelscheiben nach vorne gewandert. Die anfangs keilförmig deformierte Scheibe wird dadurch ampullen- oder flaschenförmig, und die Ursache dafür liegt in einer Verlegung des Druckes nach dorsal.

An diesem funktionellen Anpassungsprozeß nimmt nun auch der Knochen teil und zwar finden sich naturgemäß die Hauptveränderungen im Nachbarschaftsbereich der Zwischenwirbelscheiben. An der Konkavität kommt es zu einer Verdichtung der Knochenbälkchen, auf der Konvexseite zu einer Lichtung derselben. Im Sagittalschnitt erscheint der Wirbel mehr rhomboid. Im übrigen verweise ich in dieser Hinsicht auf die Analyse unseres Wirbelsäulepräparates im ersten Teil dieser Arbeit (Abb. 5), S. 20.

Als Frühsymptom tritt eine Insuffizienz der Muskulatur gewöhnlich rasch ein, sie ist diagnostisch wichtig.

Ganz allgemein haben wir im Bereich des Gibbus selber eine vermehrte Pressung in den vorderen Partien, im Bereich der kompensatorischen Lordosen eine Vermehrung der Pressung dorsal. Aber — was für unsere Betrachtung besonders wichtig ist — die Elastizität und Nachgiebigkeit der Zwischenwirbelscheiben beim Kinde, soweit dieser Ogane erhalten sind, bringen es mit sich, daß der Knochen relativ nur wenig in Mitleidenschaft gezogen wird, daß vielmehr noch in weitgehendem Maße eine gleichmäßige Druckverteilung möglich ist. Natürlich werden im Bereich der Affektion selber, wo die Zwischenwirbelscheiben so zerstört sind, daß sie ihre physiologische Wirkung im Sinne der hydraulischen Presse eingebüßt haben, die Verhältnisse ganz andere und wirken dadurch zurück auch auf entferntere Partien. In der Wirbelsäule stehen sich, um mit Braus zu sprechen, „in reichem Wechsel starre und nachgiebige, passive und aktive Komponenten gegenüber". Es ist schon darauf hingewiesen worden, wie deren genaue Analyse außerordentlich schwer ist, ganz besonders, wenn durch einen pathologischen Prozeß die physiologische Reihe unterbrochen ist. Hier kann uns dann die feinere morphologische Betrachtung zu Hilfe kommen, indem sie uns nach den im ersten Teil dieser Arbeit entwickelten Prinzipien Fingerzeige über die Natur der einwirkenden Kräfte zu geben imstande ist.

So können wir denn auch den Schluß ziehen, daß im ganzen die Funktion der Zwischenwirbelscheiben zur Folge hat, daß sich, wenn auch nicht die Gibbusbildung an und für sich, so doch wenigstens die paragibbären Lordosen fast ausschließlich im Bereich der Wirbelkörpersäule abspielen, wobei die Säule der Bogen und Fortsätze, der „rachis postérieur" der Franzosen, nur in sehr geringem Maße daran teilnimmt, weil sie kaum strukturelle Verände-

rungen aufweist und weil sie an sich viel beweglicher ist. Die besondere Lage der Gelenke bringt es ferner mit sich, daß sich Verschiebungen der Wirbelkörper zum Teil in ganz anderer Richtung an der Säule der Dornfortsätze äußern. So führt im Dorsalteil das Einsinken des Wirbelkörpers vor allem zu einem Horizontalschub der hinteren Partien. Eine dorsale Vertikalverstrebung arbeitet deshalb dem ventralen Aufschichtungsvorgang in keiner Weise entgegen. Im Lumbalteil ist kraft der Stellung der Gelenkflächen die Erscheinung des Horizontalschubes nicht so ausgesprochen. Wir haben ja auch schon gesehen, daß der Gibbus da selten ist, und demnach bewirkt eine Vertikalverstrebung auch eher eine Hemmung der Aufschichtung ventral. Wir kommen auf diesen Punkt noch bei der Besprechung der Heilungsvorgänge zurück.

Beim Kinde ist die Beweglichkeit der Wirbelsäule im ganzen gegenüber dem Erwachsenen sehr viel größer und bedingt an und für sich schon eine getrennte Betrachtung der beiden Formen von Spondylitis. Ohne die Tätigkeit der Muskulatur ist eine Stützfunktion der kindlichen Wirbelsäule gar nicht denkbar. Selbst in Ruhehaltung befinden sich die Gelenke demnach nicht in passiven Endstellungen, sondern bleiben dynamischen Kräften unterworfen, die aber ein sehr labiles Gleichgewicht bedingen. Den Beweis dafür liefert jedes in Sitzstellung etwa einschlafende Kind. Trotzdem im Schlafe noch reflektorisch muskuläre Kräfte im Spiele sind, fällt die Wirbelsäule zusammen. Das Phänomen tritt bei Erwachsenen entsprechend weniger leicht ein. Den gleichen Beweis liefern schwere Fälle von Poliomyelitis.

Man vergesse ferner nicht, daß beim Kinde, noch mehr als beim Erwachsenen, die Säule der Bogen wegen der Gelenkverbindungen keine zusammenhängende stützende Verstrebung gegenüber in der Längsrichtung, innerhalb physiologischer Breiten angreifenden Kräften, ist.

Hätte man immer diese sehr einfachen Deduktionen aus der Physiologie der Wirbelsäule gemacht, dann wäre von vornherein manche Operation im Bereich der Dornfortsatzreihe bei Kindern unterblieben.

Der funktionelle Versuch am Leichenpräparat einer Wirbelsäule einerseits, die Beobachtungen von anatomischen Präparaten anderseits, wo sich nämlich eine abnorme Druckbeanspruchung in Knochenneubildung äußert, führen zu solchem Schlusse. Im Gegensatz zum Erwachsenen werden beim Kinde die Gelenkfortsätze bei der kompensatorischen Druckaufnahme weniger beansprucht. Entsprechend finde ich in keinem Präparate einer jugendlichen Wirbelsäule in den dorsalen Partien Knochenneubildung, wie in den Präparaten von Erwachsenen. Man vergesse auch nicht, wie plastisch das Knochenmaterial der kindlichen Dornfortsätze ist.

Dank der Verschiebung der dynamischen Verhältnisse vermehrt sich die

Steilstellung der Bogenwurzeln, während die Dornfortsätze eine Abknickung nach unten erfahren. Das gilt für die Partien unmittelbar unterhalb des Gibbus. Man beobachtet umgekehrt bei der kompensatorischen lordotischen Reklination oberhalb eines ausgeprägten Gibbus eine Abknickung der Dornfortsätze nach oben, während die Bogenwurzeln weniger steil zu stehen kommen.

Dieses Verhalten geht sehr schön aus den Röntgenbildern einer kindlichen

Abb. 8.

Abb. 9.

Wirbelsäule mit Dorsalspondylitis hervor, an welcher sich auch die Art der Spanbeanspruchung sehr gut demonstrieren läßt (Abb. 8 und 9).

Es handelt sich um eine bis auf ihre Bänder vom schon erwähnten elastischen Rückensystem befreite, tuberkulöse Wirbelsäule. Im ersten Bilde entspricht die Stellung der einzelnen Komponenten des Präparates, soweit sie nicht vom pathologischen Prozeß betroffen sind, dem Normalen.

Wird nun, wie in der zweiten Abbildung die physiologische Spannung des Rückens durch Druck und Gegendruck nachgeahmt, dann zeigt sich das Resultat der bei der Gibbusbildung sich auswirkenden Kräfte. Oberhalb der Gibbuskuppe weichen die Dornfortsätze auseinander, unterhalb sind sie eher etwas stärker aufeinander gepreßt. Allerdings sind die Verschiebungen im Verhältnis zur Senkung im Bereich der Wirbelkörper minimal. Deutlich dagegen

ist der Horizontalschub. Daraus geht hervor, daß ein in der Gegend der Dornfortsätze oder auch der Bogen eingesetzter Span eine sehr geringe Tragfähigkeit haben muß. Von einer Entlastung der erkrankten Partien könnte jedenfalls keine Rede sein. Dazu wirkt sich die ventrale Senkung schon viel zu wenig stark in den dorsalen Partien aus. Dem Horizontalschube vermöchte aber ein Span auch nicht vorzubeugen, denn selbst bei ordentlicher Dicke müßte es

Abb. 10.

Abb. 11.

in diesem Falle an den Junkturen zu einer ausgesprochenen Zugwirkung kommen. Bedenken wir noch, daß an der lebenden Wirbelsäule die Reaktion nicht rein mechanisch, sondern funktionell-biologisch erfolgt, dann ist der Kompensationsmechanismus noch vollkommener und kann die rein lokalen Verhältnisse umso leichter umgehen.

Daß, wie erwartet, unter solchen Verhältnissen ein Span tatsächlich ganz ungenügend ist, beweist das in den beiden folgenden Bildern dargestellte Experiment. Es wurden dabei die Dornfortsätze genau wie bei der Albeeschen Operation durch einen Knochenspan fixiert (Abb. 10) und hierauf wiederum belastet (Abb. 11). Der Span — der in diesem Falle eine Länge von 7 cm hatte, eine Länge also, wie sie bei osteoplastischen Operationen vielfach

verwendet wird — zeigt keinerlei Veränderung. Aber auch die Stellung der Dornfortsätze hat sich kaum verändert, trotzdem ventral ein starkes Einsinken stattgefunden hat.

Zum Teil beruht das darauf, daß die Bewegung nicht in gleichem Maße hinten wie vorn stattfindet, und ferner darauf, daß oberhalb und unterhalb der fixierten Stelle, kompensatorisch, neue Bewegungen stattgefunden haben.

Es sei noch besonders hervorgehoben, daß die zur Belastung verwendete Kraft genau die gleiche war wie im Experiment ohne Span. Das beweist somit, daß von vornherein, also abgesehen von allem Umbau, ein Span bei der kindlichen Wirbelsäule in keiner Weise in der Lage ist, den bei der Gibbusbildung einwirkenden Kräften irgendwie standzuhalten.

Ferner kann aus dem Versuche geschlossen werden, daß, wenn überhaupt am Spane Kräfte zur Auswirkung gelangen, sie es an den Junkturen tun müssen. Diese Kräfte sind aber Zugkräfte. Wir werden noch auf diesen, bis jetzt kaum beachteten Punkt zu sprechen kommen. Vorläufig ergibt sich jedenfalls aus diesem einfachen Experiment, daß von einer Entlastung der erkrankten Partie durch den Knochenspan keine Rede sein kann. Wird der Span im gleichen Versuch etwas länger gewählt, dann findet der ganze Kompensationsmechanismus einfach an anderer Stelle statt, wenn auch die erreichte Fixation, vornehmlich natürlich gegen den Horizontalschub, mit Zunahme der Spanlänge eine bessere wird. Unvollständig bleibt die Wirkung aber immer, solange nicht die ganze Wirbelsäule geschient wird. Abgesehen von dieser praktischen Unmöglichkeit würden sich an langen Spänen die biologischen Reaktionen an den den kompensatorischen Krümmungen zugehörigen Junkturen geltend machen, wobei die Reaktion auf Zug zu einem Eingehen des Spanes und somit zur mechanischen Unwirksamkeit führen muß. Endlich bringt es der bei der Ausbildung des kindlichen Gibbus tätige Mechanismus mit sich, daß sich die Wirbelkörper einerseits, Bogenwurzeln und Dornfortsätze anderseits mechanisch ganz verschieden verhalten. Abgesehen von der Kraftschlüssigkeit der Gelenke, abgesehen von allen Kompensationsmechanismen, ergeben sich, wie wir gesehen haben, in der Bewegungsrichtung Unterschiede (Drehung der Wirbelkörper um eine frontale Achse, Steilstellung der Bogenwurzeln, Abknickung der Dornfortsätze nach unten), welche die Möglichkeit einer Entlastung der ventralen Partien durch dorsale Schienung von vornherein illusorisch macht. Das Resultat unseres Experimentes war also schon theoretisch zu erwarten.

Vor einigen Jahren hat sich B a d e in der Frage der Spanplastik dahin geäußert, daß in der Orthopädie sonst der Satz gelte, wer ein Gelenk fixieren wolle, müsse auch die benachbarten zur Ruhe bringen. Das Prinzip ist ja allgemein anerkannt. Aber gerade für die Wirbelsäule, meint B a d e, sei es schlechterdings unmöglich, einen Abschnitt vollständig ruhigzustellen. Denn

hier handelt es sich um ein ganzes Gelenksystem. Unsere Ausführungen und das angeführte Experiment bestätigen diese Ansicht.

Es ist zwar verschiedentlich der Versuch unternommen worden — und auch wir verfügen über solche Fälle —, ganz lange Späne zu nehmen. Das Verfahren gibt aber nicht bessere Resultate, da der Span über den Gelenken mit gut erhaltener Beweglichkeit so auf Zug beansprucht wird, daß er dort eingeht. Und würde er es nicht, dann resultierte für die Wirbelsäule eine zu große Funktionsstörung. Im unmittelbaren Bereich der Affektion, wo sowieso eine gewisse Ankylosierung zustande kommt, liegen die Verhältnisse etwas günstiger. Entsprechend dem oben dargestellten Experiment nützt aber in solchen Fällen die Osteoplastik nicht viel.

Die Resultate meiner Untersuchungen waren schon beendet, als die inhaltsreiche Arbeit von Biesalski herauskam, in welcher erfreulicherweise, wenn auch zum Teil auf ganz anderem Wege, der Autor zu ähnlichen Schlußfolgerungen kommt. Ich werde im Zusammenhange noch darauf eingehen. Vor Biesalski hatten schon Bachlehner, Debrunner, Görres und Läwen anatomische Präparate von operierten Spondylitiden beschrieben, denen nun Biesalski als Grundlage seiner Arbeit acht weitere Mazerationspräparate hinzufügt. Insbesondere stellt meines Erachtens Fall 1 des Autors das natürliche Analogon zum hier eben demonstrierten Experiment dar, nämlich einen bis auf sein oberstes Ende gut eingeheilten Span. Trotzdem der Gibbus stark zugenommen hatte, war der Span kaum weiter verkrümmt worden, sondern die Senkung der Wirbelkörper war unter Verkleinerung der Winkel zwischen Bogen und Dornfortsatz erfolgt, sowie offenbar unter kompensatorischen Bewegungen oberhalb und unterhalb der Spangegend.

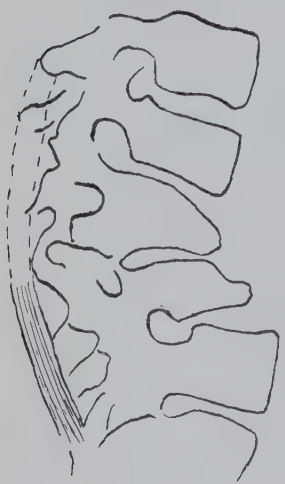
Aber selbst, wenn in einem solchen Falle dem Spane eine gewisse Wirkung zukäme, dann würde er durch das zunehmende Einsinken der Wirbel nicht etwa belastet, sondern einem Horizontalschub unterworfen, dem er standhielte, solange er Druckkräften unterworfen bliebe. Bei weiterer Zunahme der Deformität aber käme es zu Zugwirkung. Aber im Bereiche des Horizontalschubes kommt eine entlastende Wirkung des Spanes sowieso nicht in Betracht. Wie schon normalerweise bei der Wirbelsäule wird zwar auch hier der Widerstand gegenüber der Zugwirkung zur Hauptsache im Bereich der Wirbelkörpersäule geleistet. Es mag das mit ein Grund sein, warum eine ausgedehnte Resorption von Spänen so relativ selten beobachtet wird.

Wie wir eben an unserem Präparate gesehen haben, zeigen die Bogenteile die Tendenz, oberhalb des Gibbus auseinanderzugehen. Hier würde also der Span doch einer Zugwirkung ausgesetzt, die schließlich auch nicht mehr durch die Wirkung der Muskulatur kompensiert werden könnte. Theoretisch müßte der Span hier eingehen. Unterhalb der Gibbuskuppe dagegen findet, wie wir gesehen haben, eher eine Stauchung statt. In Verbindung mit der

Muskulatur wären somit hier die Bedingungen zu einer funktionellen Druckwirkung gegeben.

Die beiliegende Röntgenpause (Abb. 12) eines 5 Jahre vorher operierten Falles zeigt, daß diese zunächst theoretisch erwarteten Erscheinungen tatsächlich eintreten. Der Patient war zur Zeit der Operation 12jährig, die Gibbuskräfte waren zur Zeit der Operation noch nicht ins Gleichgewicht gekommen, so daß der Buckel nachher noch zunahm. Es handelte sich allerdings um einen ziemlich marantischen Patienten mit schlechter Muskulatur. In anderen Fällen geht der Vorgang etwas anders vor sich. Der Span bietet hier zwar der zunehmenden Deformität keinen Einhalt. Hingegen genügt der funktionelle Druck der Muskulatur, um das Implantat in seiner ganzen Länge knöchern zu erhalten. Nicht selten aber läßt sich gerade hier an den Junkturen, besonders mit verbesserter Röntgentechnik, ein Nachgeben feststellen, besonders kranial. Bei oberflächlicher Betrachtung scheint das Röntgenbild einen gut erhaltenen Span zu präsentieren. Bei genauem Hinsehen aber sind eine oder mehrere der oberen Junkturen aufgehellt. Die Gibbusbildung nimmt unbekümmert um den Span zu.

Abb. 12.



Schon Läwen berichtet, daß im späteren Verlaufe sehr leicht in der Höhe des Gibbus ein Defekt infolge raschen Abbaues des Knochens entstehe. Dadurch komme es zu weiterer Einknickung. Aus den Präparaten von Biesalski ergeben sich ähnliche Verhältnisse, die zum Teil auch dem beschriebenen Mechanismus des Nachgebens an der Junktur entsprechen. Daß daneben noch, weiter vom Gibbus entfernt, insbesondere über den Gelenken mit erhaltener Beweglichkeit, ziemlich häufig Pseudarthrosen entstehen, verwundert uns weiter nicht. In beiden Fällen handelt es sich um eine ausgesprochene Zugwirkung, das eine Mal direkt als solche erkennbar, das andere Mal als Komponente in der Bewegung. Jedenfalls lassen sich aus dem Gesagten für die spondylitisch affizierte Wirbelsäule des Kindes schon jetzt die folgenden Schlüsse ziehen:

Dem Spane kommt erstens kaum eine Wirkung als Stütze zu, und zweitens folgt das Knochentransplantat genau den im ersten Teil dieser Arbeit angeführten Gesetzen. Er wird unter Umständen weitgehend oder gerade an den wichtigsten Stellen resorbiert.

Diese Folgerungen genügten eigentlich, um beim Kinde, ganz besonders in der ersten Zeit der Erkrankung, die Spanplastik vollständig zu verwerfen.

Ich bin mir wohl bewußt, daß am Lebenden die Verhältnisse noch viel komplizierter sind, als wir sie jetzt an Hand von Präparaten dargestellt haben. Wir haben schon darauf aufmerksam gemacht, wie schwer es überhaupt ist, einen Abschnitt der Wirbelsäule ruhigzustellen. Man denke nur daran, wie fast jede Körperbewegung, selbst Bewegungen in den Extremitäten, zu ganz verschiedenartigen Wirkungen auf die Wirbelsäule führt.

Ferner ist, wie Braus betont, der Mechanismus der Gelenke, nicht wie eigentlich zu erwarten wäre, zwangsläufig, sondern vielmehr kraftschlüssig. Mit anderen Worten sind es die Muskeln, welche unabhängig von der Lage der Gelenkflächen die Bewegungsrichtung bestimmen. Die Flächen lassen mehr als nur eine bestimmte Bewegung zu. Sie geben, wie wir schon früher sagten, nur die Hauptrichtung an. Wie mannigfaltig im Grunde die Bewegungsmöglichkeiten des Rückens sind, geht schon aus der Betrachtung des komplizierten Systems seiner Muskeln hervor. Hier versagt eine genauere mechanische Analyse vollständig. Nur in groben Umrissen und schematisch können wir da die funktionellen Kräfte, die zur Auswirkung gelangen, analytisch festhalten, obschon bei einer Spondylitis, wenn einmal das Initialstadium vorüber ist, die Verhältnisse im Bereich des betroffenen Gebietes durch die pathologischen Veränderungen selber stabiler und übersichtlicher werden. Mit der Zeit fällt die erkrankte Gegend einer natürlichen Versteifung anheim.

Man darf aber dabei nicht vergessen, wie selbst weit entfernte Muskeln bei der Gibbusbildung mitwirken. Biesalski macht in dieser Hinsicht mit Recht z. B. auf den reflektorischen Einfluß der Rumpfmuskulatur aufmerksam. Früher wurde dieser für die tetanische Kyphosenbildung schon von Erlacher und von Schultheß in seiner Bedeutung erkannt.

Die besonderen funktionellen Faktoren machen sich in den verschiedenen Abschnitten der Wirbelsäule in verschiedener Weise geltend. Die Bewegungsmöglichkeiten sind ja verschiedene. Immerhin ergeben sich aus den bisherigen Ausführungen keinerlei Indikationen zu einer frühzeitigen Spanplastik beim Kinde, und so erübrigt es sich, schon jetzt auf die verschiedenen Lokalisationen der Spondylitis in dieser Hinsicht einzugehen.

Der natürliche Heilungsvorgang.

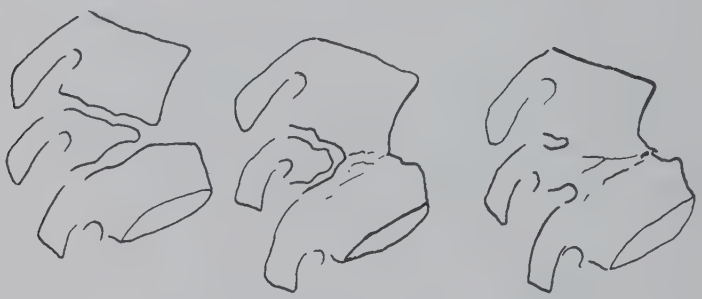
Beim Kinde findet im allgemeinen die Heilung so statt, daß die zerstörten Partien resorbiert werden und allmählich verschwinden. Schließlich legen sich wieder gesunde Wirbelpartien aneinander und wachsen zusammen. Dieser Vorgang ist ein Durchschnitt, der sich in typischer Weise an etwa 50 % der Fälle unseres jahrelang beobachteten Materials äußert. Natürlich kommen Ausnahmen vor, ganz abgesehen von allen Komplikationsmöglichkeiten, immerhin darf, ohne Verdacht auf gezwungenen Schematismus, der Prozeß als Regel hingestellt werden. Die beiliegende Figur, die den Röntgenbildern

eines über 8 Jahre beobachteten Kindes entstammt, illustriert den Vorgang ohne langen Kommentar (Abb. 13).

Dieser Verlauf stellt gewissermaßen den Normaltypus dar, der durch unsere therapeutischen Maßnahmen möglichst zu erreichen gesucht werden muß.

An dem Vorgange der Blockbildung sind beim Kinde, wie die Untersuchung von anatomischen Präparaten ergibt, die Bogenwurzeln und Gelenke anfänglich nicht oder nur wenig beteiligt. Gerade wegen der Möglichkeit der kompensatorischen Krümmungen, wegen der Elastizität der Zwischenwirbelscheiben, wegen der übrigen funktionellen Anpassungsmöglichkeit wird der Schwerpunkt bei der Blockbildung nicht in besonderem Maße nach hinten verlegt, insbesondere, wenn wir, wie es die zweckmäßige Therapie erfordert, die Belastungsverhältnisse der später gewünschten Stellung der Ausheilung künstlich anpassen. Die Bogenpartien werden im Gegensatz zu veralteten Fällen

Abb. 13.



Verlauf der Spondylitis bei einem Kinde.

und auch bis zu einem gewissen Grade zum Erwachsenen, wo die pathologisch-physiologischen Verhältnisse quantitativ anders liegen, wenig beansprucht.

Zudem ist beim Kinde die Nachgiebigkeit und Plastizität der Gelenkfortsätze eine viel größere als beim Erwachsenen, so daß hier ein großer Widerstand gegenüber pathologischen Kräften gar nicht zu erwarten ist.

Nun ist es erste Aufgabe der Therapie, den normalen Heilungsvorgang zu begünstigen. Man bedenke allerdings dabei immer, daß, wie auch unsere Fälle ergeben, das Stadium der Ulzeration selbst unter den günstigsten biologischen Bedingungen bei der Schwierigkeit, ihm immunbiologisch beizukommen, auf alle Fälle im Mittel 2—3 Jahre dauert, daß erst nach dieser Zeit die Regeneration richtig einsetzt. Man bedenke ferner, daß pathologisch-anatomisch nicht etwa wie bei der Läsion eines Extremitätenknochens ein Kallus entsteht, sondern eine Narbe, welche erst allmählich von Knochengewebe durchsetzt wird. Diese Eigentümlichkeit kommt dem Wirbel zu. Zur Beurteilung dieses Vorganges kann das Röntgenbild nur sehr bedingt herangezogen werden. So kommt es vor, daß der erwähnte Verknöcherungsprozeß der Narbe nicht durchgehend stattfindet, obschon unter Umständen die Tragfähigkeit

der Wirbelsäule eine gute geworden ist. Bei dieser Gelegenheit sei überhaupt betont, worauf schon Roos und Biesalski hinweisen, daß das Röntgenbild in keiner Weise zuverlässig ist. Häufig zeigt es nicht die volle Ausdehnung der Läsion an, und wie aus meinen eigenen Beobachtungen hervorgeht, sind Heilungsvorgänge nicht immer mit Sicherheit zu erkennen. Im allgemeinen gilt aber wohl der Satz, daß die Läsion viel ausgedehnter ist, als es nach den Radiographien den Anschein hat, da durch Überlagerung Krankheitsherde leicht verdeckt werden.

Eine mehr oder weniger ossifizierte Narbe stellt klinisch einen Heilungsvorgang dar. Können wir die Zeit der Evolution abkürzen? Solange kein Spezifikum existiert, müssen wir bei sämtlichen gegenwärtigen Methoden dem Verlaufe seine Zeit lassen. Wir haben gesehen, daß sich die Lokalbehandlung gegen die sekundären Stoffwechselstörungen richtet. Im Anfang geschieht das durch relative Entlastung und Ruhigstellung. Liegekur, Gipsbett, Gipskorsett, besondere Lagerungsmethode, Beeinflussung des Gibbus durch allmählich gesteigerten unterreizschwelligen Druck. Die Besprechung dieses Vorgehens gehört weniger zum Thema dieser Arbeit. Unsere pathologisch-physiologische Betrachtung läßt uns aber bezüglich der noch hier und da empfohlenen ambulanten Behandlung zu einem eindeutigen Schlusse kommen. Die Analyse des Spondylitisfalles im ersten Teile dieser Ausführungen, welche die verschobenen Belastungsverhältnisse hervorhebt, drängt die Forderung nach einer Liegebehandlung geradezu auf. In der Tat gelingt es nur auf diese Weise, nach der Einschmelzung, die gesund gebliebenen Partien in einigermaßen physiologischer Richtung wieder aufeinander zu bringen. Oft genug gelingt es trotzdem nicht, das statische Gleichgewicht herzustellen und die funktionelle Druckbelastung dem Ausheilungsvorgange anzupassen, ohne dadurch eine progrediente Deformität in Kauf nehmen zu müssen. Auch im Liegen und bei maximaler Reklination bleiben die elastischen Spannungen des Rückens in Tätigkeit, halten die Wirbelsäule unter Druck und geben sich bei der ventralen Einschmelzung als gibbusbildende Kräfte aus.

In aufrechter Stellung gelingt es aber unmöglich, durch irgend ein noch so gut konstruiertes Korsett — nicht etwa zu entlasten, denn die entlastende Wirkung jeglichen Korsettes ist mit Rücksicht auf die Größe der Gegenkräfte sehr problematisch — einigermaßen physiologisch zu belasten. Daß auch ein Span nicht entlastet, haben wir eben bewiesen. Sein Einfluß auf die Richtung des funktionellen Druckes ist ebenfalls sehr beschränkt, bei irgendwie progredienter Einschmelzung völlig ungenügend, da er an den kritischen Stellen unter Zug kommt oder gar nicht beansprucht wird.

Mag zeitweise für den Allgemeinzustand und in wirtschaftlichem Sinne das lange Liegen ein Nachteil sein, jedes Aufstehen vermehrt die pathologische Belastung und solange die Heilung nicht in die Wege geleitet ist, die sekundären Stoffwechselstörungen, bedingt durch die Funktion, sowie damit auch den

Gibbus. Für die Spondylitis ist die Zahl der Anhänger einer ambulanten Behandlung gering. Man denke aber an die operierten Frühfälle, die man im Vertrauen auf den Erfolg der Operation nach 6 Monaten aufstehen läßt. Versucht man einmal graphisch die Reklinationslage zu konstruieren, die notwendig wäre, um im Stehen z. B. die Gegend des unteren Brustabschnittes der Wirbelkörperreihe zu entlasten, dann kommt man zu einer ganz unmöglichen Stellung des Oberkörpers. Der Körperschwerpunkt muß so weit nach hinten verlagert werden, daß die Reklination schon aus anatomischen Gründen vollkommen unmöglich ist, ganz abgesehen davon, daß eine Stellung, die auch nur annähernd diesem Versuche zustrebte, mit dem aufrechten Gange gar nicht zu vereinbaren wäre.

Nach der ersten Zeit des progredienten einschmelzenden Prozesses, über dessen Behandlung, soweit diese nicht operativ ist, sich die Großzahl der Autoren einig ist, müssen nun aber auch die Verhältnisse, wie sie die Natur in ihrem normalen Ausheilungsvorgang demonstriert, mit berücksichtigt werden. Hier scheint zur Begünstigung derselben die Behandlung eine Wandlung erfahren zu müssen. Beim Kinde sind, vielleicht mehr als beim Erwachsenen, die beiden Phasen der Evolution und der Reparation im allgemeinen zeitlich voneinander getrennt. Unser Material, besonders soweit es nicht operierte Fälle betrifft, zeigt durchschnittlich — natürlich kommen Ausnahmen vor — den Verlauf des Einschmelzungsprozesses relativ rasch, die reparative Phase setzt infolgedessen erst nachher ein. Von diesem Verhalten gibt es allerdings viele Abweichungen, denn häufig zieht sich die Evolution in die Länge, kompliziert durch Abszesse und nervöse Störungen, wobei trotzdem die Narbenbildung hier und dort beginnt. Diese Verschiedenheit der Fälle macht eine allgemeine Betrachtung schwierig, und aus diesem Grunde ist eine schematische Zusammenstellung der Resultate von sehr begrenztem Wert. Immerhin erlaubt die Durchsicht aller unserer Krankengeschichten, wobei klinischer Verlauf und Röntgenbild einer zum Teil jahrzehntelangen Beobachtungszeit den Schlußfolgerungen zugrunde liegt, die Behauptung, daß die erwähnte Verallgemeinerung für die Kinderspondylitis als Regel zu Recht besteht, mit einem umso höheren Prozentsatze, als die zweckmäßige orthopädische Behandlung möglichst früh und dann während der ganzen Evolutionszeit stattfand. Die Zusammenstellung der Ergebnisse erfolgt später.

Nun ist nicht zu vergessen, daß auch in der Ruhelage die Belastung nicht ganz ausgeschaltet ist, indem die funktionellen aktiven und passiven elastischen Kräfte bis zu einem ziemlich hohen Grade am Werke bleiben. Im Falle wir auch die Körperlast durch die horizontale Lage paralysieren, haben wir nur eine Teilentlastung. Und selbst im Liegen kommt keine Reklination zustande, welche es der Wirbelkörperreihe nicht doch ermöglichte, unter einer ziemlich starken Druckspannung zu verbleiben. Indem wir dabei dem Gibbus im Gipsbett oder durch besondere Lagerungsvorrichtung unsere volle Auf-

merksamkeit schenken, nutzen wir gerade diese fortbestehende Druckspannung aus, um die Ausheilung im mechanischen Sinne, möglichst den physiologischen Druckverhältnissen angepaßt, vorzubereiten. Das heißt, wir bringen die Blockbildung unter günstigste Belastungsverhältnisse. Das bedeutet, anatomisch gesprochen, noch keine Behebung des Buckels. Wir betonten schon einleitend, daß entgegen einer vielfach verbreiteten Meinung eine solche gar nicht möglich ist (siehe Abb. 5 im ersten Teil). Die Körperlast kann ausgeschaltet werden und damit wichtige Hauptreizmomente für die sekundären Stoffwechselstörungen. Für die ersten Ausheilungsvorgänge bietet die mit der Lagerung verbleibende Druckspannung für das Aneinanderliegen der gesunden Wirbelpartien, als dem Anfang der Blockbildung, mehr als Garantie genug. Im Momente, da wir Anhaltspunkte für eine Beendigung der Krankheitsevolution haben, wird ja der Kranke sowieso nicht mehr strikte liegend gehalten. Durch das Aufstehen nimmt der funktionelle Druck zu, die Reklination dagegen ab. Ist die Tuberkulose am Ausheilen, dann wird durch die funktionelle Druckbeanspruchung die definitive Ossifizierung der Narbe begünstigt.

Für das Schicksal des Knochenspanes ergibt sich daraus folgendes: Wir haben gesehen, daß im dorsalen Abschnitt ein Span so gut wie wirkungslos ist, sowohl im Frühstadium, wo er entlasten sollte und es nicht tun kann, als nun auch im Spätstadium, wo er stützen sollte, der Gibbusbildung aber freie Bahn läßt. Hier wird er zum Teil auf horizontale Schiebung beansprucht, ferner sind Zugkräfte am Werke, die ihn an den kritischen Stellen eingehen lassen, endlich kann er das Gelenksystem nicht ruhigstellen. Im großen und ganzen steht er also dem zunehmenden Deformierungsprozeß machtlos gegenüber.

Im Lumbalteil und ceteris paribus im Halsteil kann dem Spane im Ausheilungsstadium, wie das klinische Experiment zeigt, eine gewisse stützende Wirkung nicht abgesprochen werden. Man erinnere sich z. B. der Röntgenskizze Abb. 12. Schon normalerweise kommt den lumbalen Gelenken am ehesten ein Teil der Tragfunktion neben der Reihe der Wirbelkörper zu. Hier ist ferner der dorsale Längsdruck größer als im Brustteil. Dieser setzt den Span im trophischen Sinne unter Druck und vermag infolgedessen durch diesen noch eher auf die ventralen Partien entlastend zu wirken, als dies im Brustteil mit den durchweg verschiedenen funktionellen Bedingungen der Fall ist. Schon ohne Operation ist im Lumbalteil der Gibbus gewöhnlich nicht sehr ausgesprochen, was zum Teil auf derselben besonders gearteten Krafteinwirkung des elastischen Systems beruht, für welche die physiologische Lordose nur ein morphologischer Ausdruck und demnach nur eine Teilerscheinung ist.

Hier könnte also unter Umständen sogar ein Span den normalen Heilungskräften entgegenwirken und eine Verlötung der gesunden Partien hintan-

halten. Wir haben hier derartige Fälle beobachtet, wo der Span, über mehrere Jahre kontrolliert (es betraf ältere Kinder), scheinbar der ventralen Blockbildung entgegenzuarbeiten schien. Das Experiment am anatomischen Präparat fiel in dieser Hinsicht nicht einwandfrei aus, immerhin erscheint es sehr problematisch, daß einem Spane eine derartige Wirkung zukommen möchte. Ich verzichte auf die Wiedergabe des Versuches, da er wenig beweist.

Hervorzuheben ist, daß bei unseren klinischen Fällen die funktionellen Resultate sich kaum von den Nichtoperierten unterschieden. Ich habe ferner erwähnt, wie täuschend das Röntgenbild sein kann. Eine wirklich die Blockbildung hemmende Wirkung eines Spanes kann weder nach der einen noch nach der anderen Seite auf diese Weise entschieden werden. Immerhin sprechen Beobachtungen an veralteten Fällen gegen einen ausschlaggebenden Einfluß des Spanes. Wir werden nämlich unten noch sehen, wie bei derartigen Patienten aus mechanischen Gründen durch die übliche Behandlung eine feste Ossifizierung nicht zu erreichen ist, welche erst nach Ruhigstellung durch ein Knochenimplantat allmählich eintritt. Im Spätstadium haben wir aber für derartige Zustände keine Beweise, auch fehlt uns die Möglichkeit, die Fälle prognostisch auseinanderzuhalten. Somit ergibt sich da keine Indikation zu einem Eingriff. Besonders überzeugend wird dieser Standpunkt, wenn er sich nur, wie in fast allen Zusammenstellungen über Spätresultate der Spanplastik, auf die Ergebnisse an operierten Fällen gründet, sondern wenn, wie hier, daneben ein größeres Patientenmaterial zur Verwertung kommt, welches orthopädisch, aber ohne den operativen Eingriff, behandelt wurde. Ich verzichte des Raumes wegen auf Vergleichsserien von Krankengeschichten und verweise nur auf die spätere tabellarische Zusammenstellung unserer Beobachtungen.

Die Ausheilung der Spondylitis und die Gibbusbildung.

Wir haben schon früher die bei der Gibbusbildung tätigen Kräfte analysiert. In enger Beziehung steht aber auch der Ausheilungsvorgang zur Deformität. Das weitere Fortschreiten derselben suchte man und sucht man noch durch Spanimplantationen zu verhindern. Von jeher wurde danach getrachtet, die Buckelbildung, die erstens zu ganz hochgradigen Verkrüppelungen führen kann und zweitens sekundär Störungen der inneren Organe zur Folge hat, hintanzuhalten.

Das gewaltsame Redressement nach C a l o t, das heute allgemein milderen Methoden gewichen ist, hatte die Gibbuskorrektur zum Ziele. Am meisten verbreitet dürfte heute die Gipsbett- oder Gipskorsettbehandlung sein, in Verbindung mit der vornehmlich durch F i n c k ausgearbeiteten Methode der sogenannten allmählichen Reklination. Bei der Elastizität der kindlichen Wirbelsäule, bei der Leichtigkeit, mit welcher sich die kompensatorischen Krümmungen einstellen, kompensatorische Krümmungen, die unter Umstän-

den mehr Störungen hervorrufen können als die ursprüngliche Deformität selber, gelingt es in der Tat, den Buckel sehr zweckmäßig zu beeinflussen. Falls die kompensatorischen Krümmungen nicht so weit in ihrer Ausbildung getrieben werden, daß sie zu Beschwerden und Insuffizienzerscheinungen führen und somit selber eine höchst unerwünschte Beigabe darstellen, begünstigt die allmähliche Einwirkung auf den Gibbus weiter das enge Aneinanderliegen der vom Prozesse wenig affizierten Bogenwurzeln und Bogen, ferner vermögen sich die benachbarten Knochen, vor allem durch die verschobene Druckeinwirkung auf die mehr oder weniger gut erhaltenen Zwischenwirbelscheiben, in ihrer Form den neuen Verhältnissen anzupassen. Die unterschwellige Korrektur, d. h. die Reklination bis knapp an die Grenze des Erträglichen, hemmt auch durch ihre konstante Druckeinwirkung ein übermäßiges Wachstum (wir sahen im ersten Teil, daß konstanter unphysiologischer Druck das Knochenwachstum hintanhält) der gesunden Partien, ohne bei alledem die Deformität sensu strictiori zu beseitigen, d. h. ohne irgendwie den Ausfall von einem oder mehreren Wirbelkörpern anatomisch wesentlich zu kompensieren. In diesem Sinne gehört, wie schon oben erwähnt wurde, der Gibbus zur Ausheilung. Er schließt den Ausheilungsprozeß, die Blockbildung, das Aufeinanderliegen gesunder Wirbelpartien in sich ein. Wohl vermögen wir durch unsere Maßnahmen die Verwachsungsflächen der Wirbel bei der Narbenbildung etwas nach hinten zu verschieben, was im Sinne der sichtbaren Deformität und vor allem der Funktion ein sehr großer Vorteil ist. Das schließt aber die Narbenbildung nicht aus und soll es auch nicht. Diese Richtigstellung ist gegenüber der zum Teil herrschenden begrifflichen Verwirrung über diesen Punkt notwendig. Es handelt sich zur Hauptsache eben um eine funktionelle Korrektur, die allerdings wichtig genug ist, daß ihr volle Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Es mag äußerlich, klinisch ein Gibbus beinahe verschwinden, sobald, wie gesagt, der Zerstörungsprozeß einigermaßen ausgedehnt ist, und das ist die Regel, gehört, anatomisch gesprochen, eine Gibbusbildung einfach zur Heilung. Das spricht durchaus nicht gegen den Wert der Methode, und ihre Anwendung leistet große Dienste lokal für die spätere funktionelle Beanspruchung des Rückens und allgemein für die Funktion der inneren Organe. Aber man muß sich dabei in der richtigen Formulierung ihres Einflusses einerseits, und unter Berücksichtigung des pathologisch-physiologischen Geschehens anderseits der Grenzen bewußt bleiben, die ihr gezogen sind. In vielen Fällen wird trotz aller äußeren Maßnahmen eine leichte Gibbusbildung bestehen bleiben oder sogar unter der Behandlung entstehen, die übrigens im psychologischen Sinne als stetes Memento gar nicht unerwünscht ist. Anderseits haben wir auch an unseren Fällen gelegentlich die Erfahrung gemacht, daß eine restierende Gibbosität auch von Kollegen als Unterlassungssünde in der Behandlung hingestellt wird, ein Vorwurf, der nach dem Gesagten nicht zu Recht besteht.

Die Röntgenaufnahme des Präparates Abb. 5, das einem Kinde entstammt, das während 2 Jahren systematisch ununterbrochen mit Liegekur im Gipsbett und mit sorgfältiger Betreuung des Gibbus behandelt worden war und einer Meningitis erlag, im Momente, da reparative Prozesse einsetzten, zeigt mehr als lange Ausführungen, wie trotz aller Gegenbehauptungen ein Gibbus zur klinischen Ausheilung zwangsläufig entstehen muß. Ohne diesen hätte sich die sichtbare begonnene Annäherung der gesunden Partien gar nicht denken lassen. Man bleibe sich also bewußt, daß das äußerliche Verschwinden oder Kleinerwerden des Gibbus eine — allerdings wegen der verbesserten Funktion sehr wichtige — Maskierung ist.

Man macht weiter vielfach die Beobachtung, daß im Verlaufe der Wachstumsjahre, auch beim völligen Latentbleiben einer Spondylitis, die Gibbosität progressiv zunimmt, ja, daß im Laufe der Zeit die Wirbelsäule völlig aus dem Gleichgewichte fallen kann, wenn nicht besondere Maßnahmen Platz greifen.

Die Erklärung für diese Erscheinung, die ich merkwürdigerweise in der mir zugänglichen Literatur nicht besonders vermerkt finde, ist sehr einfach.

Durch den tuberkulösen Prozeß werden natürlich auch die Epiphysenlinien in Mitleidenschaft gezogen, zum Teil ganz zerstört, zum Teil in ihrer Vitalität geschädigt. Die Epiphysenlinien laufen seitlich vom Wirbelkanal in offenem Winkel nach vorne und bilden eine Grenze zwischen Bogenwurzel und Körper. Daneben differenzieren sich im späteren Kindesalter die sogenannten Epiphysenscheiben, die ausschließlich dem Wirbelkörper angehören. Dadurch, daß diese Scheiben geschädigt werden, kommt die Reihe der Wirbelkörper gegenüber den Bogenpartien in Nachteil. Die akzessorischen Knochenkerne im Bereich der Bogen leiden dank der besonderen Lokalisation des Prozesses weniger. Wenn man nun neben der sich aus diesen Verhältnissen ergebenden Wachstumsdisproportion meinen sollte, daß die eigentlichen Epiphysen bei ihrer Schädigung gleichmäßig auf beide Teile der Wirbelsäule, d. h. auf die Reihe der Bogen und auf die Reihe der Körper einwirken dürften, so stimmt das nur bedingt, d. h. solange es sich um die Wachstumskraft als solche handelt. Bedenken wir aber, daß durch den Einschmelzungsprozeß der Wirbelkörper eine hochgradige Verschiebung der mechanischen Verhältnisse Platz greift, dann resultieren auch Unterschiede in der Wachstumsintensität. Diesen mechanisch-biologischen Faktoren ist bei der Zunahme des Gibbus durch das Wachstum eine große Bedeutung beizumessen. Ihre Tragweite geht übrigens umgekehrt ex iuvantibus, aus der Beeinflussungsmöglichkeit der Wachstumsdisproportion durch rein mechanische Maßnahmen ohne weiteres hervor. Wir haben im allgemeinen Teil gesehen, daß der Knochen sich in der Richtung des herabgesetzten Druckes (das ist nicht gleichbedeutend mit der Richtung des Zuges) stärker entwickelt. In einem Gibbus sind für eine derartige funktionelle Gleichgewichtsstörung die Bedingungen ohne weiteres gegeben. Demnach muß sich die konvexe Seite stärker entwickeln als die konkave,

was einer Vermehrung des Gibbus gleichkommt. Das führt uns zur Auffassung, daß der Gibbus mehr noch Wachstumsreaktion als einfache mechanische Folge der ventralen Einschmelzung ist.

In therapeutischem Hinblick folgt daraus, daß bei Kindern, selbst mit ausgeheiltem und wenig prominentem Buckel, zweckmäßig während der ganzen Wachstumsperiode ein Korsett gegeben wird. Ein Korsett wirkt ja kaum als Stütze, an gewissen Stellen ist sogar seine Wirkung in dieser Hinsicht vollkommen illusorisch. Die elastischen Spannungen des Rückensystemes überwiegen unbedingt jede praktisch mögliche Entlastung durch eine äußere Stütze. Die Wirkung des Korsettes wird häufig genug vollständig falsch aufgefaßt. Bei einer ausgeheilten Spondylitis ist eine Stützfunktion in diesem Sinne auch gar nicht nötig. Dagegen vermag das Korsett durch die dauernde leichte Reklination — und ein richtiger orthopädischer Behelf soll auch in diesem Sinne konstruiert sein — sowie durch die relative Fixation, die es bewirkt, die wachsende deformierte Wirbelsäule vor dem Verluste des Gleichgewichtes zu bewahren und auch die einwirkenden funktionellen Kräfte richtungbestimmend in der Weise zu beeinflussen, daß sie der Norm möglichst nahekommen und demnach kein allzu stark betontes Wachstumsmißverhältnis nach sich ziehen. In neuester Zeit erwähnt übrigens Biesalski die gibbusfördernde Kraft des natürlichen Wachstums. Beim Korsett ist die Atrophie der Muskulatur erfahrungsgemäß nicht besonders zu befürchten, da der mögliche Korsettdruck sehr beschränkt ist. Vielmehr erleichtert die richtig gebaute Stütze den Muskeln ihre Aufgabe, indem sie insbesondere den Erector trunci vor Überdehnung bewahrt. Das wiederum garantiert den Bestand der kompensatorischen Krümmungen.

Haglund und mit ihm Biesalski messen dem Korsett überhaupt als entlastendem Apparat keine große Bedeutung zu, da eine Entlastung unter den gegebenen anatomisch-physiologischen Verhältnissen unmöglich ist.

Im Stadium aber, wo dem Kinde das Korsett gegeben wird, ist die Entlastung auch gar nicht mehr besonders erwünscht.

Der Span im Spätstadium der kindlichen Spondylitis.

Welche Rolle kann nun unter den ausgeführten Verhältnissen einer Spanimplantation zufallen? Wir haben schon im ersten Teil gesehen, daß dem Span eine mechanische Bedeutung nur zukommt, wenn er unter funktionellen Druck gesetzt werden kann. Wir haben ferner oben gesehen, daß der Span an der Stelle, an welcher er überhaupt eingesetzt werden kann, sei es nun in der Dornfortsatzreihe, sei es im Winkel zwischen Dornfortsatz und Querfortsatz, nur unter bestimmten Bedingungen und bei bestimmter Lokalisation eine unsichere Tragwirkung (Lendengegend) ausübt. Aus diesem Grunde

kommt er im Anfangsstadium der Spondylitis gar nicht in Frage. Wir haben ferner gesehen, daß nach dem Experiment der Span unter Umständen zwangsläufig unter Zugwirkung kommen muß und demzufolge auch eingehen kann. Endlich erfolgt unter allen Umständen, besonders beim Kinde mit der noch gut erhaltenen Beweglichkeit, die Implantation unter ungünstigen Bedingungen und weit von der Bewegungsachse entfernt.

Die Literatur weiß wiederholt von Aufhellungen in Knochenspänen zu berichten, unter anderen Thomsen, Debrunner, W. Müller, Roos, Biesalski. Auch eigene Beobachtungen gehören dazu.

Dabei verstehen wir ohne weiteres, daß die Aufhellungszonen sich nicht lediglich auf den Span beschränken, sondern daß die in Frage kommenden Dornfortsätze in gleicher Weise den neuen mechanischen Anforderungen preisgegeben sind.

Wir machten schon früher Gründe geltend, warum Aufhellungen in praxi nicht regelmäßig beobachtet werden. Die Tatsache, daß vollkommen erhaltene Späne vorkommen, während sich die unmittelbare Umgebung pseudarthrotisch verändert, bildet ein weiteres Argument für die Erscheinung. Naturgemäß ist es viel schwerer, Pseudarthrosen im Bereich der Bogenteile klinisch nachzuweisen, denn das Röntgenbild versagt hier meistens. Immerhin konnte ich ihr Vorkommen wiederholt mit Sicherheit feststellen.

So zeigt z. B. ein jetzt 13jähriges Mädchen mit Lumbodorsalspondylitis 6 Jahre nach der Operation eine vollkommen bewegliche Wirbelsäule, wobei die dem Span unterliegenden Wirbel ebenfalls beweglich sind, soweit sie den durch den Prozeß gebildeten Block nicht betreffen. Palpatorisch und auch röntgenologisch erscheint der Span vollkommen erhalten, die sichtbaren Aufhellungen im Bereich der Bogenpartien geben die Erklärung zu dieser Erscheinung.

Im Hinblick auf die Beeinflussung der Gibbusprogression ist demnach von seiten des Spanes keine große Wirkung zu erwarten, und die Beobachtung lehrt, daß ein Gibbus unter Umständen ganz unbekümmert um das Vorhandensein eines auch sehr gut eingeheilten Spanes, zunimmt. Im Falle der zunehmende Gibbus senkrecht zur Richtung der funktionellen Druckeinwirkung in seiner Kraft überwiegt, kann auch der Span abgebogen werden, und das, bis sich Gleichgewicht einstellt. Wir haben schon im ersten Teil am Beispiel der Kniegelenksankylose gesehen, wie eine Beanspruchung auf Knickung — und um eine solche handelt es sich auch hier — strukturell zum Ausdruck kommt. Wenn auch die Röntgentechnik noch nicht so weit entwickelt ist, daß sie neue Strukturen an Spänen erkennen läßt, die in den Bereich der Wirbelsäule eingepflanzt sind, so kann doch aus Analogie zu den Erfahrungen an den Extremitäten, wo Späne röntgenologisch besser zur Darstellung zu bringen sind, der Schluß gezogen werden, daß auch hier neue Knochenbälkchen radspeichenartig angeordnet entstehen, d. h. gemäß den neuen Druckkräften, welche die Konvexität der Konkavität zu nähern suchen.

Es besteht also kein Grund, für die Wirbelsäule etwas anderes anzunehmen, obschon mir leider Autopsiematerial nicht zur Verfügung steht. Mit dieser Ansicht stimmt aber die Tatsache überein, daß der Span als Substrat dieser neuen, mechanisch-biologisch bedingten Struktur eine gewisse Dicke besitzen muß. Solche Späne gehen erfahrungsgemäß weniger leicht ein. Und trotzdem kommt es dabei nicht selten vor, daß die eine Spanpartie, häufig die infragibbäre, je nach der mechanischen Konstellation unter funktionellen senkrechten Druck kommt und sogar, wie weitere Beispiele zeigen werden, bis zu einem gewissen Grade wirksam ist, während aber der ganze übrige Span teils eingeht oder teils bei der neuen Beanspruchung die von ihm erwartete Funktion nicht erfüllt. Aber manchmal sind es gerade die Stellen, an welchen das Implantat stützt, die Mühe haben, zur Ausheilung zu gelangen.

In all unseren Fällen, die in Parallele mit nicht operierten Spondylitiden über Jahre verfolgt worden sind, hat sich der Gibbus in ungefähr der gleichen Weise verhalten. Die einen zeigten nach der Operation keine Progression, aber auch unter den Nichtoperierten finden sich solche. In anderen Fällen hatte der Gibbus, trotz der Operation, stark zugenommen.

Daß vielfach der Span dabei nicht einging, beruht darauf, daß er durch den Deformationsprozeß der Wirbelsäule nicht stark in Mitleidenschaft gezogen wurde wie in dem oben angeführten und durch Röntgenbilder illustrierten Experiment. In diesen Fällen genügte der funktionelle Druck der Muskulatur, um ihn knöchern zu erhalten. Diese Tatsache beweist aber umgekehrt nach dem, was wir über die Biologie des Knochens kennengelernt haben, seine Wirkungslosigkeit. Wurde der Span aber tatsächlich beansprucht, dann erfüllten sich an ihm die oben erwähnten trophischen Gesetzmäßigkeiten, er ging teilweise ein, teilweise blieb er gut erhalten, aber die von ihm erwartete Wirkung wurde eine sehr fragwürdige.

Gerade wie die Liegekur — die im Anfang strikte durchgeführt werden muß, nicht ad absurdum geführt werden darf — wäre eine durchgehende Spanwirkung beim Kinde nicht ohne Nachteile, wenn natürlich auch der Faktor der relativen Ruhigstellung, der allerdings nach den Gesetzen der Physiologie der Wirbelsäule als sehr gering bewertet werden muß, immerhin als positiv zu buchen wäre. Es ist nicht Ziel der Therapie, die Blockbildung irgendwie zu behindern.

Im allgemeinen werden bei unkomplizierten Fällen von kindlicher Spondylitis nach 2—3 Jahren die reparativen Vorgänge einsetzen, die sich aus dem ganzen klinischen Symptombilde, manchmal sehr schwer aus dem Röntgenbilde feststellen lassen. In diesem Stadium darf der Wirbelsäule mechanisch etwas mehr zugemutet werden, weil dadurch nicht nur lokal im Sinne einer stärkeren vis a tergo, die ja in der funktionellen Ausschaltung eines jeden Organes eine Rolle spielt — d. h. darniederliegt und ihrerseits die Funktion beeinträchtigt — günstig eingewirkt wird, sondern auch im Sinne des Allge-

meinzustandes. Ja, es gibt chronische Fälle mit Abszeß, die sich auf eine stärkere Beanspruchung der Wirbelsäule hin bessern und schließlich erst so zur Ausheilung gelangen. Auch hier wäre z. B. eine Spanwirkung gar nicht besonders erwünscht, denn sie hinderte den bei der Heilung so wichtigen Aufschichtungsvorgang. Beim Kinde ist, in gewissen Fällen wenigstens, gerade im Gegensatz zum Erwachsenen die Belastung von einem bestimmten Zeitpunkte an für die Blockbildung und damit für die Ausheilung notwendig. Sie bildet einen wichtigen funktionellen Reiz zur Verknöcherung der Narbe.

Wir haben bereits an Hand einiger Möglichkeiten gesehen, daß sowohl im Frühstadium als auch im Ausheilungsstadium eine Indikation zum operativen Eingreifen nicht gegeben ist. Bis jetzt hat sich überhaupt noch für die kindliche Wirbelsäule keine ergeben.

Als Beispiel für die Wichtigkeit des Wiedereinsetzens funktioneller Kräfte möchte ich den Fall eines Kindes mit Lumbodorsalspondylitis erwähnen, der während 8 Jahren fast ununterbrochen durch Liegekur behandelt wurde, wobei einerseits der tuberkulöse Prozeß sich vollständig an den Organismus als auch dieser in seiner Reaktionslosigkeit an seinen Saprophyten gewöhnt hatte, ohne daß in der Wirbelsäule Zeichen einer wiedereinsetzenden Verknöcherung oder auch nur einer befriedigenden Aufschichtung aufgetreten wären. Ein Schritt zur Heilung wurde erst erzielt, als die Wirbelsäule belastet wurde, d. h. als der Patient endlich aufstand. Mit der so eintretenden Besserung des Allgemeinzustandes bildete sich auch rasch eine tragfähige Verknöcherung aus. Dabei mag eine Autoimmunisation mitgespielt haben, indem der funktionelle Reiz zu einer Art spontanen Tuberkulinkur geführt haben kann.

Der Fall beweist immerhin, daß eine dauernde Entlastung im Bereich der Wirbelkörper nicht immer von gutem Einfluß ist, und er spricht auch gegen die Vornahme einer Spanplastik in den wenigen Fällen, in denen überhaupt dem Span eine Wirkung als tragende Säule zukommt. Jedenfalls dürfen unsere therapeutischen Maßnahmen zu Beginn der Ausheilung in keiner Weise der natürlichen Annäherung der gesund gebliebenen Wirbelpartien hinderlich sein. Schon G a l e a z z i, der den Gibbus zur Heilung für nötig hält, verwirft die Operation, da sie während des aktiven Prozesses dem Gesetz der Gibbusbildung widerspricht und die Annäherung der gesunden Teile verhindert. Nach unseren Erfahrungen braucht dieser Umstand nur selten in Betracht gezogen zu werden, und wir haben ihn höchstens bei Lumbalspondylitiden zu befürchten, in den wenigen Fällen nämlich, da dem Span überhaupt die theoretisch zugemutete Wirkung auch praktisch zukommt, was, wie gesagt, gar nicht sicher ist.

Auf dem empirischen Wege der gemachten schlechten Erfahrungen verwerfen unter anderen R u t h e r f o r d und F r o m m e die Operation im Kindesalter, und wenn auch schon O m b r é d a n n e kurze Zeit nach Einführung der Operation über nur vorübergehende Erfolge berichtete, so hindert das heute noch eine Reihe amerikanischer und europäischer Autoren nicht, für den Eingriff sowohl im Frühstadium (zu einer Zeit, wo über Prognose noch

gar nichts ausgesagt werden kann) als auch im Spätstadium, begeistert einzustehen.

Daß natürlich für Frühfälle, die mit der Operation verbundene und notwendige Liege- und Ruhekur, vorübergehende, wesentliche Besserung zeitigt, ist leicht verständlich. Verfolgt man aber solche Fälle, wie wir es getan haben, weiter, dann ergibt sich ausnahmslos ein späterer Verlauf gleich oder sogar schlechter als bei rein konservativer und vor allem konsequenter Behandlung, schlechter, weil der Span eine gewisse Sicherheit vortäuscht, die eine Vernachlässigung der übrigen Maßnahmen zur Folge hat. Die angeführten Gesetze über Knochenbildung, die Berücksichtigung der pathologischen Physiologie der Wirbelsäule, die sorgfältige klinische Beobachtung der Fälle, die viel wertvoller ist als jegliches Tierexperiment, lassen uns eindeutig das Schicksal der Transplantate bestimmen. Zusammen mit unseren Kenntnissen über die Evolution der tuberkulösen Spondylitis läßt sich die Indikation zur Nichtoperation mit Sicherheit stellen.

Bei dieser Gelegenheit sei auch an die dem Experiment am pathologisch-anatomischen Präparat entnommene Feststellung erinnert, daß im Bereich der Junkturen die größten Zugkräfte zur Auswirkung gelangen, daß somit ein kaum beachtetes Nachgeben des Spanes an seinen Enden auch die ganze gewünschte Spanwirkung in Frage stellt. Dieser scheinbar minimale Befund ist meiner Ansicht nach viel zu wenig in Berücksichtigung gezogen worden.

Übrigens läßt sich der Wert einer Behandlungsmethode erst richtig abschätzen, wenn als Vergleich ein größeres, anders behandeltes Material beigezogen wird. Gerade diese Gegenüberstellung aber, die erst ein Urteil erlaubt, wird in den meisten Publikationen vermißt. Wer schließlich eine Spondylitis konsequent behandelt und dazu noch operiert, wird natürlich auch über glänzende Resultate verfügen, wobei aber die objektive Abschätzung des durch den Eingriff gewonnenen Vorteils außerordentlich schwierig ist, wo vielmehr einem einseitigen Subjektivismus freie Bahn gelassen wird.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich kurz an die gründliche Arbeit von R o o s erinneren, welche ein operiertes Material von 21 Fällen kasuistisch bearbeitet. Dieses gleiche Material bildet einen Teil meiner eigenen Beobachtungen. R o o s kam dabei zu folgenden Schlüssen:

Der Span kann auf die Dauer nicht als funktionstüchtige Stütze an Stelle der erkrankten Wirbelsäule treten.

Der Span macht sekundäre Verbiegungen durch und fällt teilweise der Resorption anheim.

Durch die Spanplastik tritt kein Stillstand der Karies ein, eine Beschleunigung der Heilung der Tuberkulose wird nicht beobachtet.

R o o s hat den prinzipiellen Unterschied zwischen Kindern und Erwachsenen nicht besonders hervorgehoben. Ich versuche deshalb, nach unseren Gesichtspunkten geordnet, seine Kasuistik in der folgenden Tabelle zu resümieren:

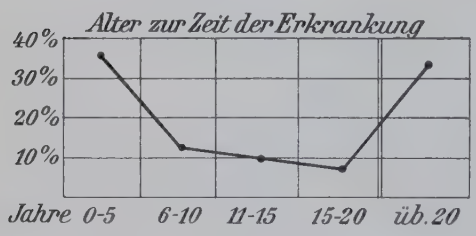
Frühfälle:							
Kinder	9	Exitus	2	Schlechtes Resultat, unabhängig von der Plastik. Span teilweise resorbiert.	6	Gutes Resultat bei ganz unsicherer Spanwirkung, da sorgfältige sonstige Behandlung. Krankheitsdauer nicht abgekürzt.	1
Erwachsene	2		0		1		1
Spätfälle:							
Kinder	3	Exitus	0	Fortschreiten des Gibbus, Resultat ganz unabhängig vom Span, dieser teilweise resorbiert.	2	Gutes Resultat, aber unsicher, ob durch den Span bedingt, da keine Abkürzung d. Krankheit.	1
Erwachsene	3				2		1

Veraltete Fälle:			
Kinder:			
Dorsalspond. . .	1	Wirkung des Spanes auf infragibb. Insuffizienz . .	gut
Lumbalspond. .	2	Direkte osteoplastische Wirkung	gut
Erwachsene:			
Lumbalspond. .	1	Direkte osteoplastische Wirkung	gut

Die Einteilung in Früh-, Spät- und veraltete Fälle habe ich durchgeführt. Wir werden in den weiteren Ausführungen noch sehen, daß sie zweckmäßig ist, wenn auch praktisch die Einreihung des einzelnen Falles nicht immer leicht ist.

Ich habe als Grundlage für meine eigenen Schlüsse ein Spondylitismaterial von 220, über mehrere Jahre beobachteten und meist lange nach der Erkrankung nachkontrollierten Spondylitisfällen zur Verfügung. Über den Zeitpunkt der Erkrankung gibt die folgende Kurve Aufschluß (Abb. 14).

Abb. 14.



Die Tabelle zeigt, daß zwei Drittel der Krankheitsfälle das Kindesalter betreffen.

Unsere bisherigen Ausführungen haben die Indikation zur Operation sehr eingeschränkt. So ist es auch erklärlich, daß wir nur über relativ wenige Beobachtungen aus dem Kindesalter verfügen, da in der letzten Zeit die Indikation gar nicht mehr gestellt wurde. Einige anderwärts operierte Fälle bereichern allerdings die Kasuistik. Ich verzichte auf eine solche, da sie schon bei R o o s eindeutige Resultate ergab. Es ist vielmehr Zweck dieser Arbeit, einen Schritt weiter zu gehen, d. h. Schlüsse allgemeiner Natur zu ziehen, auf Grund der entwickelten biologischen Gesetzmäßigkeiten.

In kasuistischer Hinsicht beschränke ich mich auf einige kurze Notizen,

welche den praktischen Beweis für unsere allgemeinen Leitsätze darstellen.

So zeigt ein Fall (E. H., 7jährig) mit Lumbalspondylitis, der anderwärts einige Monate nach Beginn der Symptome, durch Spanplastik behandelt worden war, bei welchem dank den besonders günstigen mechanischen Verhältnissen (funktionelle Druckbelastung, vermehrte Abbiegung der Dornfortsätze nach unten, geringer Gibbus) dem Spane auch bei zunehmender Abbiegung eine richtige Druckbelastung und vielleicht sogar eine geringe Tragfähigkeit zukam, nach 7 Jahren noch keine richtige Ausheilung im Sinne der Blockbildung. Der an sich wenig komplizierte Fall mußte erstens nach der Operation über 7 Jahre behandelt werden, vielleicht länger, als wenn nicht eingegriffen worden wäre, mit dem Endresultat, nach dieser langen Zeit klinisch nicht ausgeheilt zu sein. Der Span hat nicht nur nichts genützt, man hat vielmehr den Eindruck, als ob er der Blockbildung und der funktionellen Druckbeanspruchung der ausheilenden Wirbelsäule direkt hinderlich gewesen sei.

Zwei weitere Fälle (O. L. und W. L.) von 3 bzw. 4 Jahren mit Dorsalspondylitis anderwärts operiert, zeigen 3 Jahre nach der Operation ein röntgenologisch feststellbares teilweises Eingehen des Spanes an den Orten größter Zugwirkung, teils über der Gibbuskuppe, teils an den Junkturen, eine große Zunahme des Gibbus, kurz einen weiteren Verlauf, als ob nicht operiert worden wäre.

Unser Experiment an der kindlichen spondylitischen Wirbelsäule beweist, daß in diesen Fällen der Span unwirksam sein muß. Bedenkt man ferner noch, was im Experiment natürlich nicht zum Ausdrucke kommt, daß das Material der Gelenkfortsätze sehr plastisch ist, daß sich diese weit eher deformieren als die Wirbelkörper und die Zwischenwirbelscheiben, dann versteht man umso mehr, daß der Widerstand gegenüber der Abbiegung in der Säule der Wirbelkörper geleistet wird. Berücksichtigt man den ersterwähnten Fall E. H., dann muß man froh sein, daß zum mindesten die Operation der definitiven Ausheilung nicht mehr hinderlich war.

Die Untersuchung pathologisch-anatomischer Präparate lehrt, daß die untere Lendenwirbelsäule besondere physiologische Bedingungen darbietet. Dank der S-Form der Wirbelsäule hat der lumbale Abschnitt auch bei Einschmelzung der Körperpartien die Tendenz zu lordosieren. Die Gelenkfortsätze werden dadurch unter starken Druck gesetzt und der Regel nach müßten sie hypertrophieren. Das ist denn nun auch tatsächlich der Fall. Das gleiche Verhalten kann sich aber auch in einem Span zeigen, wie der folgende Fall beweist:

Lumbodorsalspondylitis im Alter von 6 Jahren, operiert im floriden Stadium. Der Fall wird nach der Operation behandelt, als wäre kein Eingriff erfolgt: Liegekur, Sanatorium, Gipsbett, nachher Korsett. Heilung nach 3 Jahren. Eine Nachkontrolle 7 Jahre nach der Operation ergibt ein Eingehen des Spanes im oberen Abschnitt (Zugwirkung), eine daselbst auch vollständig wiederhergestellte Beweglichkeit. Eine Stützfunktion im Bereich des Gibbus und damit eine Beeinflussung des Ausheilungsprozesses kommt gar nicht in Frage, dagegen scheint durch das auffallend breite Einheilen des Spanes im unteren Abschnitt die Stauchung im Lumbalteil, im Bereich der stark ausgeprägten kompensatorischen Lordose, herabgesetzt, ein Punkt, den wir unten noch besprechen werden.

Jedenfalls handelt es sich aber um keine Beeinflussung des primären Prozesses mehr. Mit dem Eingriff hätte somit zum mindesten bis zur einigermaßen sicheren Ausheilung zugewartet werden müssen, wo man dann die Indikation viel präziser hätte stellen können, wenn die Operation überhaupt noch nötig gewesen wäre. Interessant bleibt an diesem Fall die durch den funktionellen Druck hypertrophierte untere Spanpartie.

Spätfälle im Kindesalter.

Mit den Spätfällen sind Spondylitiden gemeint, bei welchen das Ausheilungsstadium eingesetzt hat, im Gegensatz zu den veralteten Fällen, bei denen die Tuberkulose als solche vollkommen latent geworden ist, die aber noch nach Jahren und Jahrzehnten Beschwerden machen können.

Die Beurteilung des Wertes der Operation für die Spätfälle ist nicht leicht. So verstehen wir auch, daß die Autoren, teils über gute, teils über wechselnde, teils aber auch über schlechte Resultate berichten. Doch gerade das Ergebnis der schlechten Resultate ist wichtig und läßt uns die Grenzen, die wir bei einem eventuellen Erfolg der Operation zuschreiben müssen, klar erkennen. Ein Erfolg beruht ja in solchen Fällen nie auf der Operation allein. Ich habe in dieser Hinsicht alle unsere operierten und die nichtoperierten Fälle einander gegenübergestellt und komme dabei zum Ergebnis, daß der Wert des Eingriffes im Spätstadium sehr problematisch bleibt. Ich versuche die Gegenüberstellung wiederzugeben, obschon derartige Vergleiche bei der Komplexität der in Betracht fallenden Faktoren immer gewagt und niemals absolut exakt sein können.

124 Patienten erkrankten vor dem 16. Altersjahr. Davon wurden 15 Fälle im Früh- oder Spätstadium operiert, d. h. vor dem vollständigen Verschwinden der spezifischen Erscheinungen, der Einschmelzung, der Gibbuszunahme usw., vor dem Ablauf des 4. Erkrankungsjahres. Nie fand sich bei der Nachkontrolle eine Beschleunigung der Heilung als Folge des Eingriffes. Teilweise nahm der Gibbus zu. In 11 Fällen ging der weitere Verlauf genau vor sich, als ob nicht operiert worden wäre. 4 Fälle, die, im Spätstadium operiert, kurze Zeit nachher völlig latent geworden zu sein schienen und gute Resultate darstellten, beweisen nicht viel, denn unter den nichtoperierten Kindern finde ich nach der gleichen Zeit (4 Jahre) ebenfalls 45 Fälle, d. h. über 40 % völlig latent. Dabei sind nur über weitere Jahre beobachtete Fälle berücksichtigt, so daß in Wirklichkeit die Zahl der günstigen Fälle wesentlich höher sein dürfte. Es ist deshalb nicht anzunehmen, daß für den günstigen Verlauf der 4 erwähnten operierten Fälle der Span ausschlaggebend gewesen wäre. Schon nach unseren pathologisch-physiologischen Gesichtspunkten kann er es gar nicht sein.

Wir müssen bei dieser Gelegenheit noch auf die natürlichen sekundären Heilungsvorgänge zu sprechen kommen, die bei der tuberkulös affizierten Wirbelsäule in Erscheinung treten. In neuester Zeit analysiert sie Albanese

unter Verwertung eines großen pathologisch-anatomischen Materiales. So fand er häufig eine Verknöcherung der Ligamenta interspinalia. Wie wir bereits an Hand der klinisch-röntgenologischen Erfahrung ausgeführt haben, bestätigen die Befunde von Albanese die Tatsache, daß die primären Verknöcherungserscheinungen in den vorderen Wirbelpartien einsetzen. Dabei kann es zur Verödung der Gelenke und zu gelegentlichen Spangenbildungen im Bereich der hinteren Abschnitte kommen. Diese sind im Röntgenbilde sehr selten nachweisbar. Solche Vorgänge sind übrigens schon lange bekannt und finden sich mit Variationen in jeder pathologisch-anatomischen Sammlung.

Lange vor der operativen Ära hatte Ménard diese Verknöcherungen als Restitutionsprozesse aufgefaßt, die sogar in Erscheinung treten können, wenn die ventrale Zerstörung noch nicht ganz zur Ausheilung gelangt ist.

Nun zeigt sich auch in dieser Hinsicht ein Unterschied in der spondylitisch affizierten Wirbelsäule des Kindes gegenüber dem Erwachsenen. Wir haben schon für das Kindesalter auf das bei der Ausheilung vorkommende typische Phänomen der Aufschichtung im Bereich der Körpersäule aufmerksam gemacht, bei welcher die funktionelle Belastung eine Rolle spielt. Wir haben ferner im Experiment und an Hand unserer klinischen Beobachtung gesehen, wie wenig, zunächst rein mechanisch gedacht, bei diesem Vorgange die Bogendornfortsatzpartien in Mitleidenschaft gezogen werden. In der Tat beobachtet man an Spondylitispräparaten von Spätfällen beim Kinde die Wirbeldorne fast unverändert. Abb. 5 zeigt in dieser Hinsicht ein typisches Verhalten.

Auch die Präparate, die Biesalski zur Abbildung bringt, die, wohlgemerkt, noch operierte Fälle betreffen, zeigen dem Eingriff zum Trotz das gleiche Verhalten, soweit sie sich nach unserer Einteilung zu den Spät- und nicht zu den veralteten Fällen zuweisen lassen.

Jene bekannten Knochenbrücken, die in veralteten Fällen und ganz besonders bei Erwachsenen vorkommen, sind gelegentlich außerhalb der Gelenkfortsätze an den Querfortsätzen, sowie besonders an den Dornfortsätzen zu beobachten. Hier scheinen sie auf den ersten Blick auf Zugwirkung hin entstanden zu sein. Ich habe im ersten Teil dieser Arbeit auf die ausschlaggebende Wirkung der Muskulatur bei der funktionell-mechanischen Knochenbildung hingewiesen. An der Wirbelsäule kommt infolgedessen eine Zugwirkung, abgesehen natürlich von den Gelenkbewegungen, deren Wirkung auf Knochentransplantate wir bereits kennen gelernt haben, erst weit dorsal in Frage. Bei der Gibbusentstehung, wo progrediente, deformierende Kräfte im Spiele sind nicht, aber bei stationären Spätfällen, wo denn auch erst, wie zu erwarten, tatsächlich Knochenspangen zu beobachten sind. Ich habe kein Präparat gesehen, wo nicht die Lokalisation dieser Brückenbildungen auf funktionellen Druck und nicht auf Zug hätte zurückgeführt werden können, vom Momente an, da die muskulären Kräfte und die durch sie hervorgerufene Stauchung berücksichtigt werden. Die Brücken fehlen denn auch häufig

über der eigentlichen Kuppe, wo Zugkräfte noch am längsten vorhanden sein können.

Stimmt die Auffassung, daß nur funktioneller Druck knochenbildend wirkt, und haben wir anderseits bei der Analyse der Pathologie des Gibbus gesehen, daß während des progredienten Prozesses Zugkräfte im Bereich der Dornfortsätze zur Auswirkung gelangen, dann haben wir einen neuen Hinweis für die Indikation, denn die Operation ist so lange kontraindiziert, als eine fortschreitende primäre Abbiegungstendenz besteht. Erst wenn die Abbiegung einigermaßen zum Stillstand gekommen ist, d. h., wenn schon natürlicherweise jene reaktiven Vorgänge der Ankylosierung einsetzen, dann sind an bestimmten Stellen die mechanischen Bedingungen gegeben, innerhalb welcher es zur Knochenbildung kommen kann, die umso besser und ausgedehnter ist, je mehr Aufmerksamkeit man im Verlaufe der Evolution der Behandlung der Gibbusprogression geschenkt hat.

Wenn schon nach der Ansicht von Hößly der Ankylosierungsvorgang als sekundär zu betrachten ist, so kommt auch Biesalski auf Grund seiner sorgfältigen Untersuchungen zum Schluß, daß er erst spät sich ausbildet, wiewohl unserer Erfahrung nach das Röntgenbild wenig Aufschluß darüber gibt. Diese Tatsachen scheinen mir einerseits eine Bestätigung der oben abgeleiteten Gesetze zu sein, anderseits stimmen sie mit den Erfahrungen überein, die wir am klinischen operierten und nichtoperierten Material gesammelt haben, und mit unsern pathologisch-anatomischen Befunden.

Welches bleibt aber die mechanische Potenz dieser Knochenbildungen? Ménard glaubt, daß die natürliche Knochenbrücke kaum in der Lage sei, die volle Aufgabe der fehlenden vorderen Abschnitte zu übernehmen. In veralteten Fällen ist ihnen allerdings eine gewisse Tragfunktion nicht abzusprechen, eine Tragfunktion, die, wie wir noch sehen werden, operativ verstärkt werden kann.

In der Tatsache des besonders bei der kindlichen Spondylitis zeitlich unterschiedlichen Ablaufes der Einschmelzung und der erst sekundären Verknöcherung liegt z. B. ein gewichtiger Einwand gegen die Übertragung der Resultate der Experimente von Hößly auf die tuberkulös erkrankte Wirbelsäule, natürlich abgesehen vom Umstand, daß Hößly in gesundem Gewebe mit voll erhaltener Vitalität operierte. Der Punkt ist früher schon berührt worden. Unsere klinischen Erfahrungen, die Betrachtung der Präparate Biesalskis, die Befunde anderer kritischer Autoren bestätigen für den Span, was lange Zeit vorher Ménard, wohl einer der besten Kenner der Spondylitis, in dem Satze aussprach, „daß die natürliche Ankylosierung den Verbiegungsvorgang keineswegs aufhalten könne".

Zunächst muß in Betracht gezogen werden, daß die Regel, wonach die unkomplizierte Spondylitis im Kindesalter zur Ausheilung komme, viele Ausnahmen zeigt. Da es sich dabei meist auch um asthenische, im Allgemein-

zustand heruntergekommene Patienten handelt, ist die Spanversteifung von vornherein meist wirkungslos.

Ferner ist in manchen Fällen, gerade bei der Lumbalspondylitis, wo der Span noch am meisten Erfolg zeitigen könnte, die Ausheilung mit Festigung des Knochens durch den funktionellen Druck eine oft so gute, daß sich eine besondere Verstrebung durch einen Span sowieso erübrigt. Die Unwirksamkeit des Spanes im dorsalen Abschnitt gilt natürlich ebensogut für das Spätstadium wie für die Frühfälle.

Bedenken wir auch, daß das Endresultat in hohem Maße von der Systematik in der Behandlung abhängig ist, dann verstehen wir die divergierenden Resultate der Literatur besser. So zeigen eine Reihe unserer sogenannten Spätfälle, die nur während kurzer Zeit orthopädisch behandelt werden konnten, ein scheinbar ganz gutes Resultat während einiger Zeit (ob operiert oder nicht), um dann nach 2—3 Jahren mit erneuten Beschwerden, mit Zunahme des Gibbus, mit ungenügender Stützfunktion ihrer Wirbelsäule, zu erscheinen Zum Teil handelt es sich dabei um Kinder, die während 10 und mehr Jahren unter fortlaufender Kontrolle stehen, wobei aber aus irgend einem Grunde eine längere Internierung und damit eine fortgesetzte richtige Behandlung nicht möglich war.

Was erreichen wir tatsächlich mit einer Spanimplantation im Spätstadium? Die Operation bedingt einen weiteren Spitalaufenthalt mit Liegekur von mehreren Monaten. Die Operation führt zu einer reaktiven Hyperämie, die unter Umständen den Ausheilungsprozeß in günstigem Sinne beeinflussen kann, die aber an und für sich den Eingriff nicht rechtfertigt. Diese Faktoren können zu weitgehenden, zum Teil allerdings zeitlich beschränkten, manchmal auch zu dauernden Erfolgen führen, wie die 4 günstigen Fälle unserer Statistik beweisen. Aber gerade bei den letzteren erscheint es kühn, nach all dem Gesagten, dem Span diesen Erfolg zuzuschreiben, wo eben eine ganze Reihe von nicht operierten Fällen in genau der gleichen Weise verlaufen, wiederum nach unserer Statistik über 40 %.

Die Korsettfrage.

Durch den Eingriff wird der Patient keineswegs vom Korsett befreit. Wenn der Span gelegentlich die natürliche Ausheilung zu unterstützen vermag, wir haben gesehen, wie selten der Fall schon rein theoretisch möglich ist, dann führt er jedenfalls nicht zu einer funktionellen Belastung, die uns, wie wir schon früher ausführten, lediglich durch ein zweckmäßig gebautes Korsett, einigermaßen garantiert wird.

Der Patient hat nach all dem Gesagten also im Spätstadium kaum einen Vorteil von der Operation, es wäre höchstens, daß aus psychologischen Gründen die Operation eine systematische Durchbehandlung erlaubt, weil sie imponiert und die Narbe als Warnzeichen bestehen bleibt. Praktisch spielen

derartige Erwägungen eine Rolle, sie genügen aber wohl kaum zur Rechtfertigung des immerhin nicht ganz unerheblichen Eingriffes.

Unter keinen Umständen darf man, wie es vielfach geschehen ist, eine Spanplastik mit dem Tragen eines Korsettes gleichsetzen. Mehrere Autoren haben die Tatsache konstatiert, daß der Span nicht vom Korsett befreit, und haben deshalb von der Operation ganz abgesehen. In der praktischen Auswirkung richtig, ist diese Ansicht in der Begründung falsch. Span und Korsett dürfen im therapeutischen Sinne nicht miteinander verglichen werden, denn sie stellen zwei ganz verschiedene Dinge dar. Vom Span erwarten wir in erster Linie, daß er tragen helfe, eine reklinierende Wirkung kommt ihm nach unseren Erfahrungen am Gibbus nicht zu. Das Korsett hingegen hat in sehr beschränktem Maße die Fähigkeit zu entlasten, obschon die irrige Meinung einer eigentlichen Stützwirkung noch vielfach verbreitet ist. Das Korsett hat die Aufgabe, zu reklinieren und den funktionellen Druck möglichst den physiologischen Verhältnissen zu nähern. Dabei erreicht es auch eine relative Ruhigstellung einzelner Segmente gegeneinander.

Schon B i e s a l s k i hält wenig vom Korsett als Stütze. Seine entlastende Wirkung ist auch illusorisch, wenn es nicht am Kopf angreift, insbesondere bei Affektionen im Dorsalteil.

Umgekehrt wissen wir aber aus der täglichen Erfahrung, daß Spondylitispatienten direkt nach dem Korsett verlangen. Es vermag, wie ich an klinischem Material prüfen konnte, nun in der Tat die unteren Partien der Wirbelsäule vielleicht etwas zu entlasten, ferner die gesund gebliebenen Partien, besonders im Rückenteil, wo die Reklination am notwendigsten ist, einigermaßen unter funktionellen Druck zu setzen, wenn auch natürlich aus mechanischen Gründen eine vollständige Reklination vollkommen unmöglich ist. Endlich kann es bis zu einem gewissen Grade die erkrankte Stelle gegenüber der lokalen Abscherung ruhig stellen, obschon, wie wir schon oben betonten, die Wirbelsäule nicht mit irgendwelchem Extremitätengelenk in dieser Hinsicht verglichen werden kann, da zu ihrer Ruhigstellung ganz andere Maßnahmen notwendig wären. Daß das Korsett in dieser Hinsicht doch von einigem Vorteil ist, beweist mir die Untersuchung der Bewegungen am Röntgenschirm. Gerade die im Kindesalter so häufig betroffene untere Brustwirbelsäule ist hier im Vorteil, denn sie wird tatsächlich relativ noch am besten ruhiggestellt.

Die Eigenschaft der relativen Ruhigstellung gegenüber lokaler Abscherung teilt das Korsett mit dem Knochenspan, unter ganz besonderen Bedingungen allerdings. Wir werden noch sehen, daß sich beide nicht ersetzen, aber unter Umständen ergänzen.

Bei Affektionen der unteren Lumbalwirbelsäule wirkt das Korsett wohl entlastend, aber es wirkt sehr schlecht als Schutz gegenüber den lokalen Abscherungsvorgängen, als deren Folge wir bereits einleitend Funktionsstörungen kennen gelernt haben, die wir als sekundäre Stoffwechselstörungen

bezeichnet haben und die bei der Evolution jeder Spondylitis eine wichtige Rolle spielen. Indem das Korsett die segmentierte Beweglichkeit des oberen Rumpfes einigermaßen hemmt, schafft es den unteren Partien der Wirbelsäule gegenüber einen großen Hebelarm, wodurch diese zwangsläufig größere Bewegungsexkursionen erfahren müssen, indem Becken und untere Extremitäten daran pendelartig schwingen. Wenn natürlich dabei dem Korsett eine gewisse reklinierende Wirkung nicht abzusprechen ist, so ist diese bei der Lokalisation (physiologische Lordose) nicht besonders notwendig, und die Erfahrung lehrt, daß sich die lokale Abscherung gelegentlich viel unangenehmer bemerkbar macht. Ja, es kann vorkommen, und wir haben selber Beispiele dafür, daß von durchaus vernünftigen Patienten aus diesem Grunde ein Korsett weggelassen wird. Sie fühlen sich ohne ein solches wohler, weil ihnen die Möglichkeit gegeben ist, in oberen Abschnitten der Wirbelsäule Bewegungsexkursionen irgendwelcher Art funktionell zu kompensieren oder zum mindesten in ihrer Auswirkung abzuschwächen. Dieses umso mehr, als vielfach bei der Spondylitis im Kindesalter eine Entlastung im Spätstadium nicht notwendig ist, da eine funktionelle Insuffizienz des Knochens relativ selten vorkommt.

So kommen wir denn folgerichtig zum Schluß, daß die gestörte Funktion der Wirbelsäule im Anschluß an eine Spondylitis, ganz abgesehen vom spezifischen Prozeß, rein biologisch-mechanisch gedacht, sehr komplex ist. Im Hinblick auf die Therapie ist dieser Punkt viel zu wenig beachtet worden. Zum mindesten haben wir auseinanderzuhalten:

a) Die Belastung im statisch-dynamischen Sinne.

b) Die funktionelle Belastung, die sich aus dem Grade und der Art des Zerstörungsprozesses ergibt, die im Stadium der nicht mehr progredienten Läsion also auch von dem Grade der Reklination abhängt.

c) Die lokale Bewegungsmöglichkeit und die lokale Abscherung, aber nicht rein lokal betrachtet, sondern im Rahmen der gesamten Bewegungsfunktion der Wirbelsäule.

Nur wenn wir im konsequenten Ausbau der Lehre von der funktionellen Orthopädie auch bei der tuberkulösen Wirbelsäule funktionell denken, werden wir unsere therapeutischen Indikationen präzisieren können und uns auch einigermaßen vor Mißerfolgen schützen. Span und Korsett sind verschiedene Dinge. Es ist demnach falsch, vom Span die Leistung des Korsettes oder auch umgekehrt zu verlangen, und ich kann deshalb dem Ausspruche von Erlacher nicht beipflichten, wenn er sagt, „entweder, wir können durch die Operation den Patienten dauernd vom Korsett befreien oder dann sollen wir die Operation bleiben lassen". Die Operation ist allerdings bleiben zu

lassen für alle die Fälle, die wir bis dahin kennengelernt haben, wir werden aber noch auf die Bedingungen zu sprechen kommen, in welchen sie indiziert ist.

Schlußfolgerungen für Spätfälle beim Kinde.

Wir haben jetzt nachgewiesen, daß beim Kinde der Span entweder keine Wirkung hat (Brustwirbelsäule) oder daß ihm an gewissen Stellen (Halswirbelsäule, untere Lendenwirbelsäule) unter besonders günstigen Bedingungen eine Stützfunktion zukommt. In beiden Fällen sind wir aber trotzdem auf Grund unserer biologischen Betrachtungen zum zwingenden Schluß gekommen, daß für das Kindesalter im Früh- und Spätstadium die Operation überflüssig ist, ja, daß sie zum Teil direkt kontraindiziert ist (Beispiel Fall E. H., S. 63). Das ist übrigens die Meinung mehrerer Autoren für die Operation überhaupt (Wirth, Lexer, Haglund, Ludloff, Galeazzi). Wir haben gesehen, wie das schon von Springer angedeutete Bedenken, es könnte bei tatsächlich entlastender Funktion des Spanes, das Aneinanderrücken der gesunden Wirbelpartien bei der Ausheilung behindert werden, wahrscheinlich unter Umständen zu Recht besteht, besonders auch wieder im Lendenteil, wo, abgesehen von der physiologischen Reklination und der Stützfunktion der Gelenkfortsätze, die Gelenkspalten, im Gegensatz zur oberen Lendenwirbelsäule, annähernd longitudinal verlaufen und somit Bewegungen im Sinne des funktionellen Druckes für den Span gestatten. Dadurch wird seine tatsächliche Stützfunktion begünstigt. Zudem werden beim physiologischen Vorwärtsbeugen die Dornfortsätze im Lendenteil eher gestaucht (Druckwirkung auf einen eventuellen Span). Endlich haben die Lordosen des Zervikal- und Lendenteiles die stärkste Streckmuskulatur, während der Brustteil gewissermaßen indirekt gestreckt wird, durch das weite Übergreifen der genannten Muskeln auf den Brustkorb. Im Hals- und Lumbalteil ist demnach der muskuläre funktionelle Druck am größten. Schließlich nehmen, ganz abgesehen von allen pathologischen Zuständen, die physiologischen Krümmungen der Wirbelsäule beim Kinde mit zunehmendem Alter zu, d. h. zum Teil entstehen sie erst während der Entwicklung, wie eine Untersuchung, die ich aus anderen Gründen vorgenommen habe, beweist. Das bedeutet aber eine Druckvermehrung im Hals- und Lendenteil, eine Druckverminderung im Brustteil.

So kann auch, auf Grund unserer klinischen Erfahrung, der Satz Biesalskis bestätigt werden, wonach das ganze Geschehen der Gibbusbildung, welches zwangsläufig vor sich geht, gar nicht an das Vorhandensein des Spanes gebunden ist, oder, um eine andere Stelle mit anderen Worten zu zitieren, daß die Spondylitis, d. h. die in ihr enthaltene Gesamtheit biologischer Faktoren, den Span unter ihre Gewalt bringt. Dabei möchte ich betonen, daß für den unteren Lendenteil dieses Gesetz eine Ausnahme machen kann.

Immerhin sind unter diesen Umständen z. B. Wachstumsstörungen durch den Span nicht zu befürchten, wie das gelegentlich geäußert wurde (U n r u h). Auch bei Frühoperierten haben wir eine Wachstumsstörung niemals beobachtet. Wenn sich auch die Länge des Spanes nicht vermehrt, dann liefert das Spanbett das nötige Material zur Apposition, sei es Knochen unter Druckwirkung, sei es knorpelige Substanz unter Zug. Da die Operation aber aus anderen Gründen nicht gerechtfertigt ist, hat die Feststellung dieser Tatsache mehr akademischen Wert.

Die bei der Besprechung der Korsettfrage auseinandergehaltenen drei Hauptfaktoren (S. 69), die sicherlich nur sehr unvollständig den Begriff der Functio laesa umschreiben, geben uns immerhin wichtige Anhaltspunkte, mit deren Hilfe wir die Indikation bestimmter stellen können. Vorerst aber möchte ich noch durch einige Beispiele unsere bisherige Stellungnahme begründen.

Eine mit $4^1/_2$ Jahren operierte Patientin mit Dorsalspondylitis zeigt (es handelte sich um einen Eingriff 2 Jahre nach Beginn der Krankheitserscheinungen) 5 Jahre später eine vollständige Degeneration des Spanes, offenbar, weil dieser nicht genügend auf funktionellen Druck beansprucht wurde und weil auch die Beweglichkeit eine zu große ist. Die weitere Behandlung erfolgte auch nach der Operation mit der üblichen Systematik. Die Wirbelsäule ist mit Ausnahme der durch den Prozeß — nicht etwa durch den Span — blockierten Partie vollkommen beweglich. Will man objektiv sein, dann muß man sich von der Nutzlosigkeit des Eingriffes in diesem Falle überzeugen lassen, denn ohne diesen wäre, da in dieser Hinsicht der Span an der Stelle völlig unwirksam ist, die statisch-dynamische Tragfähigkeit der Wirbelsäule genau die gleiche, die funktionelle Belastung haben wir durch Gipsbett und später durch Korsett erreicht, und auch der lokalen Abscherung hat das genügt.

Eine weitere Patientin erkrankt mit 12 Jahren an Dorsalspondylitis, mit 14 Jahren wird eine Spanplastik vorgenommen, trotzdem aber nachher die weitere Behandlung durchgeführt, als ob kein Eingriff stattgefunden hätte, denn jeder Versuch, diese zu unterlassen, wurde mit Beschwerden und Zunahme des Gibbus beantwortet. So klingen allmählich die Erscheinungen ab. 6 Jahre nach der Operation — die Patientin ist 20jährig geworden — ergibt die Untersuchung einen gut ossifizierten Span, der aber in den Junkturen deutlich nachgegeben hat. In vivo also ungefähr unser früher erwähntes Experiment. Die mechanische Wirkung des Spanes in bezug auf die vorderen Teile der Wirbelsäule ist als Null zu bezeichnen, wie auch daraus hervorgeht, daß im Bereich der Läsion, ganz unbekümmert um das Transplantat, der Aufschichtungsvorgang, d. h. die Blockbildung in ungestörter Weise stattgefunden hat. Der Gibbus hat etwas zugenommen, die Abbiegung des Spanes dagegen nicht.

Diesem operierten Fall gegenüber stehen, wie schon summarisch erwähnt, eine Reihe von konservativ behandelten mit dem gleichen Endresultat.

Daneben verfügen wir auch über Fälle, bei welchen man sich ungerechtfertigterweise auf die Spanwirkung verlassen hat. Ein Beispiel:

P. Th. Ein Junge, der mit 12 Jahren an oberer Lumbalspondylitis erkrankt, wird mit 14 Jahren, im Momente, da sich Ausheilungserscheinungen geltend machen, operiert. Nach 2 weiteren Jahren hat der Prozeß des Einsinkens, verbunden mit einer starken

seitlichen Verbiegung, zugenommen. Da der funktionelle Druck durch eine Behandlung nicht beeinflußt werden konnte, machen sich entsprechend Beschwerden geltend.

Ein weiterer Fall: W. J. Beginn der Erkrankung mit 6 Jahren unter vorwiegender Beteiligung des 9. Dorsalwirbels. Nach $2^1/_2$ Jahren konservativer Behandlung macht sich neben dem Gibbus eine seitliche Abweichung geltend. Spanplastik. Einlegen des Knochenstückes auf die Konkavseite, damit es möglichst auf Druck beansprucht werde. Trotzdem vermehren sich im Laufe der folgenden Beobachtungszeit Gibbus und Torsion.

Der Fall zeigt, daß der Span in seinem Umbau — wenigstens beim Kinde — jede Torsion mitmacht, da es aus anatomischen Gründen nicht gelingt, ihn rein unter funktionellen Druck zu setzen. Auch hier ist also die Operation überflüssig und trügerisch.

Ich will die Reihe der Beispiele nicht vermehren, da es sich bei dieser Arbeit um die Zusammenfassung allgemeiner Richtlinien handelt, wie sie sich aus der jahrelangen Beobachtung einer größeren Reihe von Fällen ergeben. Für eine weitere Kasuistik muß ich auf die Arbeit von R o o s verweisen.

Es sei ferner hervorgehoben, daß unsere bisherigen Befunde sich in weitgehendem Maße mit den Tatsachen und Deduktionen decken, die aus der Beschreibung autoptischen Materials durch B i e s a l s k i hervorgehen. Auch hier finden sich teils mechanische Unwirksamkeit, teils Zunahme des Gibbus, teils Aufhellungen und partielles Eingehen des Implantats.

Jedenfalls finde ich in unserem Material von 15, teils im Frühstadium, teils im Spätstadium operierten Kindern keines, bei welchem dem Spane eine günstige Wirkung zugesprochen werden könnte. Die kleine Zahl des hier zur Verfügung stehenden Materiales, im Verhältnis zur übrigen Zahl (124) der hier gesehenen und behandelten Spondylitiden des Kindesalters, beweist, wie sehr und wie rasch die Indikation eingeschränkt worden ist. Mehr als die Hälfte der Fälle betrifft übrigens Kinder, die anderwärts operiert wurden, die aber nachher trotzdem orthopädische Hilfe aufsuchten, ein sprechender Beweis für die Nutzlosigkeit des Eingriffes unter diesen Bedingungen. Jeder dieser 15 Fälle hat uns aber als klinisches Experiment gezeigt, wie sich mit großer Konstanz die Gesetze erfüllen, die einerseits die Knochenbildung beherrschen, die anderseits aus der funktionellen Analyse der pathologischen Physiologie der spondylitischen Wirbelsäule hervorgehen.

Die veralteten Fälle.

Die Regel, daß im Kindesalter die Indikation zur Operation nicht zu stellen sei, erfährt einige Ausnahmen. Über die besonderen funktionellen Verhältnisse des Bewegungsapparates, die durch eine Spondylitis gesetzt werden, können wir uns erst Rechenschaft geben, wenn die Tuberkulose latent geworden ist. Ich spreche hier nicht von den komplizierten Fällen mit Fisteln und nervösen Erscheinungen. Unsere Statistik ergibt, daß im allgemeinen der unkomplizierte Abszeß, der ja in der großen Mehrzahl der Fälle vorhanden ist, nach dem zweiten Jahre sich zurückbildet. Man hat in der Pathologie der

Spondylitis diesen Punkt zu wenig berücksichtigt und hat fast immer nur einen Abszeß angenommen, wenn dieser irgendwie greifbar nachzuweisen war. Bei Kindern aber, mit der relativ starken Einschmelzung ist er tatsächlich so häufig vorhanden, daß er recht eigentlich zum pathologischen Prozesse gehört. Die zunehmende Verbesserung der Röntgentechnik läßt uns denn auch immer häufiger den Abszeß erkennen, der selber, oder wenigstens seine Residuen, fast bei jeder Autopsie zutage tritt.

Ich spreche hier auch nicht von Fällen, in denen die Tuberkulose chronisch weitergreift, ebenso nicht von Fällen, bei denen sich Aktivität des Prozesses und Reaktion des Organismus über Jahre Gleichgewicht halten oder gar das Verhältnis zugunsten des ersteren verschoben bleibt. Diesen Fällen allen nützt auch die Operation nichts, im Gegenteil, wir haben schon beobachtet, wie sich nach einem Eingriff der Zustand rapid verschlimmern kann, in 2 Fällen kam es in relativ kurzer Zeit zum Exitus.

Dagegen gibt es auch bei günstigen Fällen, d. h. bei Fällen mit keinerlei Zeichen eines aktiven Herdes mehr, von der Regel der guten funktionellen Ausheilung der Spondylitis im Kindesalter Ausnahmen, deren Vorkommen nicht immunbiologisch bedingt ist, sondern mechanisch, sei es, daß die Blockbildung mangelhaft stattfindet, sei es, daß die Konsolidierung in einer schlechten Stellung erfolgt. Dadurch kommt es zu sekundären Stoffwechselstörungen, denen therapeutisch nicht leicht beizukommen ist. Ich erinnere noch einmal dabei an die auf Seite 69 erwähnten drei Faktoren der gestörten Funktion.

Während im allgemeinen, bei Läsionen der Halswirbelsäule wegen der geringeren funktionellen Beanspruchung und auch wegen der gewöhnlich geringeren Ausdehnung der pathologischen Prozesse, derartige Störungen wenig beobachtet werden — an unserem Material finde ich sie in keinem Falle—, bietet die untere Lumbalwirbelsäule mehr Schwierigkeiten. Was hier mit dem Korsett erreicht werden kann, haben wir bereits erwähnt und haben speziell die dadurch auftretende starke lokale Abscherung der unteren Lumbalpartien angeführt. Anderseits betonten wir aber, daß gerade in dieser Gegend ein Span wirksam sein kann. Unsere Differenzierung der Spondylitisevolution in drei Phasen erweist sich hier zur Klarlegung der Verhältnisse als sehr zweckmäßig. Wir sahen, daß im Spätstadium der funktionelle Druck zur Ausheilung direkt beiträgt und daß somit im Interesse einer guten Blockbildung eine stützende Wirkung des Spanes gar nicht erwünscht erscheint.

Ist aber die Affektion latent geworden und ist auch anzunehmen, daß der Aufschichtungsprozeß einigermaßen zum Stillstand gekommen ist, dann tritt doch hier und da der Fall ein, daß die funktionelle Beanspruchungsmöglichkeit ungenügend bleibt. Einerseits kann die Funktionsinsuffizienz in einer mangelhaften Narbenbildung überhaupt liegen, oder es kann umgekehrt eine richtige Narbenbildung aus funktionellen Gründen ausbleiben,

weil die Beweglichkeit und somit die Abscherung eine zu große ist und demnach eine funktionstüchtige Ausheilung verhindert. Es bleibt eine Art Pseudarthrose bestehen. Um bei unserer analytischen Betrachtung der Funktionsstörung zu verbleiben, können wir auch sagen, daß das Korsett die Belastung im statisch-dynamischen Sinne vermindert und auch dem zweiten Faktor, d. h. der Einwirkung funktioneller Kräfte auf die Deformität zugute kommt, daß dagegen die lokale Bewegungsmöglichkeit in diesem Falle eher im schlechten Sinne beeinflußt wird.

So gibt es tatsächlich Fälle, die bis ins erwachsene Alter hinein nicht zum Stillstand kommen. Sie stellen meines Erachtens eine der wenigen Ausnahmen dar, wo ein Eingriff am Platze erscheint. Eine Störung der Aufschichtung durch die Knochenbrücke ist in diesem Stadium nicht mehr zu befürchten, da diese, soweit möglich, bereits stattgefunden hat. Auch garantiert die Gelenkstellung eine funktionelle Druckbeanspruchung des Spanes, so daß Aufhellungen und Pseudarthrosen nicht zu befürchten sind. Die Gelenke sind meist auch in der Gegend nicht mehr so beweglich. Und selbst, wenn vielleicht bei zu dünnem Span z. B. mit der Zeit lokale Resorptionsstellen auftreten sollten, dann hat das Transplantat wenigstens während einiger Zeit seine Schuldigkeit getan und die definitive Narbenbildung begünstigt.

So glaube ich im folgenden Fall der Spanplastik einen günstigen Einfluß zuschreiben zu dürfen:

Ein Junge mit Lumbalspondylitis mit starker Einschmelzung, besonders des dritten Lendenwirbels, zeigt im Momente der Blockbildung etwa 4 Jahre nach Beginn des Prozesses eine bedeutende Beweglichkeit der Gegend, welche trotz sorgfältiger orthopädischer Behandlung eine Funktionsinsuffizienz, offenbar durch mangelhafte Narbenbildung, nach sich zieht. 7 Jahre später ist die Implantationsstelle ankylotisch, dafür findet umso mehr Bewegung oberhalb statt. Keine Beschwerden.

Der Span ist nicht länger geworden, dagegen sind die Wirbel mit Ausnahme des Blockes gewachsen, indem die Reklination etwas stärker ist und indem das Spanbett dem Wachstum nachgegeben hat.

Zwei weitere, ähnliche Fälle konnten sich nicht zur Operation entschließen und hatten entsprechend, bis ins erwachsene Alter, Beschwerden.

Epikritisch ist zu sagen, daß nach der Ausheilung völlige Beschwerdefreiheit bestand, ob ohne Span schließlich das gleiche Resultat erreicht worden wäre, ist schwer zu sagen. Dagegen scheint das Transplantat zum mindesten die feste Ossifizierung beschleunigt zu haben.

Wenn wir bedenken, daß unser Krankenmaterial Fälle aufweist, bei denen die Erkrankung viel weiter zurücklag und die erst nach der Spanplastik zur Ruhe kamen, dann darf wohl auch hier ein Vorteil durch die Operation angenommen werden. Diese weiteren Fälle kamen zur Operation erst, als sie 18—20 Jahre alt waren, so daß sie bei der Besprechung der Spondylitis der Erwachsenen gewürdigt werden sollen.

Im angeführten Fall hatte sich die Länge des Spanes nicht verändert, da

gegen war dieser nach den 7 Jahren breiter geworden, insbesondere war er mit dem Sakrum durch eine dicke Strebe verwachsen. Wir haben schon gesehen, daß durch einen Span Wachstumsstörungen nicht besonders zu befürchten sind. Einerseits lehrt die Erfahrung, daß Späne an anderen Körperstellen, wie wir im ersten Teil der Arbeit sahen, in ganz speziellen Fällen wachsen können. Trotzdem ist zu betonen, daß die Regel, wonach ein Span — falls nicht damit eine lebensfähige Epiphysenlinie transplantiert wird — nicht wächst, für die spondylitischen Wirbelsäulen im allgemeinen nicht von großer Bedeutung ist, weil wir erstens nicht im frühen Kindesalter operieren und weil es sich meistens um symmetrische Deformitäten handelt, wobei das Wachstum der Gegend meist gestört ist und weil die bei der Gibbusbildung tätigen Kräfte sowieso das Schicksal des Spanes bestimmen. So erklärt es sich auch, warum wir in unseren Fällen keine Wachstumsstörungen sahen. Tatsache bleibt, daß ein Tibiaspan z. B. an der Wirbelsäule nie in die Länge wächst, wenn auch seine Breite unter Umständen sehr erheblich zunehmen kann.

Hingegen beweist doch unser letztes kasuistisches Beispiel, daß, offenbar durch den Umstand, daß der Span nicht gewachsen ist, die Reklination der Wirbelsäule zugenommen hat. Wie gesagt, kommt es selten vor, daß ein Span überhaupt so weit selbständig wirkt, und, dann spielt dieser Umstand bei den meist symmetrischen Verbiegungen der Wirbelsäule keine so große Rolle.

In anderen Fällen ist ihm aber doch volle Aufmerksamkeit zu schenken. Ich erinnere an die Versuche, die zur operativen Behandlung der Skoliose da und dort gemacht worden sind. Wird im unteren Lumbalteil, bei einer kongenitalen Skoliose, z. B. im frühen Kindesalter auf der Konkavseite ein Span eingesetzt, dann kommt dieser unter Umständen so weit unter funktionellen Druck, daß er das weitere Schicksal der Skoliose mitbestimmen hilft, mit dem Resultate, daß der durch den Span überbrückte unterste Abschnitt so fixiert wird, daß sich die normalen Wachstumskräfte in der Weise zwangläufig auswirken müssen, daß eine weitgehende Vermehrung der Deformität entsteht, indem das ganze S der Skoliose, gewissermaßen am Span als Hypomochlion fixiert, mehr und mehr sich verwindet und damit aus dem Gleichgewichte fällt. Im früheren Kindesalter sind deshalb derartige Eingriffe entschieden zu verwerfen, so wertvoll sie im späteren Alter und bei geeigneter Vor- und Nachbehandlung sein können.

P u s c h beschreibt ein Wirbelsäulepräparat mit 9 Jahre zurückdatierender Albee-Operation bei Spondylitis dorsalis X—XII. Der Gibbus war im Laufe der Zeit größer geworden und, wie wir nun als logische Folge, nach den Gesetzen, die wir entwickelt haben, von vornherein erwarten, erwähnt der Autor, ohne weiter theoretisch darauf einzugehen, daß der Span in seinem oberen Teile eingegangen war. Dort mußte er ja bei der Gibbuszunahme unter Zugwirkung kommen.

Im Bereich der vollkommen zerstörten Wirbel war der Span erhalten und die Abstände zwischen den dazugehörigen Dornfortsätzen in den 9 Jahren vollkommen unverändert. Dem Schlusse, daß der Span hier das Wachstum verändert habe, muß man bis zu einem gewissen Grade dem Autor beipflichten. Denn die Erfahrung hat gelehrt, daß ein Span gewöhnlich nicht wachsen kann, daß, wie bei der Spondylitis sein Bett oder er selber nachgeben muß, wenn überhaupt in der Gegend noch Wachstumskräfte tätig sind. Es gilt, sich einmal von der Anschauung definitiv zu emanzipieren, als stelle ein Transplantat eine feste und unveränderliche Masse dar. Der Knochen ist ein außerordentlich plastisches Gebilde, das den funktionellen Kräften weitgehend nachgibt. Deshalb seine Anpassung. Aber Wachstumsstörungen im Sinne der angenommenen Hemmung verursacht er doch unter Umständen. Eine solche läßt sich z. B. auch aus den Präparaten von Biesalski ableiten, und der Autor hebt hervor, daß der Span wohl in seiner Dicke wachse, in seiner Länge dagegen nicht. Praktisch spielt, wie gesagt, bei der Spondylitis der erste Umstand keine große Rolle.

Nach unseren Erfahrungen an nichtoperierten Patienten findet durch die Zerstörung der Epiphysen überhaupt kein wesentliches Wachstum der Stelle statt. Und wenn durch das normale Wachstum auch die hinteren Wirbelpartien wachsen, dann haben wir ja gerade gesehen, wie der Span dem zunehmenden Gibbus gegenüber machtlos ist. Ja, in unserem Sinne wäre eine Hemmung des Wachstums für die hinteren Partien geradezu erwünscht.

Auch Fromme hat schon das Längenwachstum des Spanes bestritten, aber ich wage, speziell nach den genauen Beobachtungen an nichtoperierten Fällen, zu behaupten, daß dieser Umstand nicht wesentlich in die Wagschale fällt.

Abgesehen von der eben angeführten Möglichkeit der starken Abscherung im unteren Lumbalbereich, gibt es noch andere Fälle, bei welchen auch im Kindesalter die Diskussion, ob ein Eingriff am Platze ist, eröffnet werden muß. Neben den Fällen mit allerhand Komplikationen gibt es scheinbar mittelschwere Fälle, die nicht zur Ausheilung kommen wollen. So beobachtet man, besonders wenn eine systematische Behandlung über Jahre nicht möglich war, und das ist ziemlich häufig der Fall, daß bei der Ausheilung die Wirbel nicht Fläche auf Fläche aufeinander zu liegen kommen, sondern, daß z. B. ein oberer Wirbel mit seiner Basalfläche auf die Ventralfläche des unteren zu liegen kommt, wodurch eine Konsolidation verhindert wird. In dem so gegebenen Hebelmechanismus kommen natürlich die hinteren Partien der Wirbel zu einer Übertragung der Last gar nicht in Frage. So nützt der Span selbstverständlich nichts, denn er käme teilweise unter Zugwirkung und ginge ein. Diese Fälle, die, im Brustteil lokalisiert, mit einer starken Vermehrung des Gibbus einhergehen, verursachen unter Umständen eine starke Störung des Allgemeinbefindens. Dieser ist auch durch keine Operation beizukommen.

Wir verfügen über einen derartigen Fall mit entsprechend negativem Erfolg nach der Operation. Dagegen kommt es nicht selten vor, daß sich Beschwerden lokal, und zwar unterhalb des Gibbus, im Bereich der forzierten kompensatorischen Lordose, geltend machen. Denken wir an das Präparat von Abb. 5 zurück, dann werden wir uns bewußt, welche stauchenden Kräfte speziell in den dorsalen Partien zur Auswirkung gelangen, und wir wundern uns nicht, wenn dieser Stauchung nicht genügend Gegenhalt geboten werden kann, was sich in einer ungenügenden Funktion äußert. Speziell wird die Erscheinung bei der im Kindesalter so häufigen lumbodorsalen Form der Spondylitis beobachtet, wo durch den Gibbus die Lendenlordose zunimmt, was zu schmerzhafter Stauchung führen kann. Das Korsett, indem es vielleicht auf den Gibbus reklinierend wirkt, vermehrt die Lordose und ihre funktionelle Insuffizienz, ein Umstand, den es auch durch die mögliche Entlastung nicht immer kompensiert. Eine an solcher Stelle angebrachte Strebe kommt einerseits unter funktionellen Druck, anderseits vermag sie tatsächlich zu stützen. Sie macht aber damit das Korsett, das andere Aufgaben erfüllt, nicht unnötig. Irgend eine Störung auf den Heilungsvorgang, auf die Blockbildung ist unter allen Umständen ausgeschlossen, denn der Span sitzt in diesem Falle unterhalb der Läsion.

So erkrankt ein Junge F. N. (in der Roos schen Zusammenstellung ebenfalls angeführt) im Alter von 3 Jahren an Spondylitis der untersten Dorsalwirbel. Sanatoriumsbehandlung und orthopädische Maßnahmen. Nach 10 Jahren hat der Gibbus zugenommen. Der Fall stellt sich insofern noch günstiger als mancher andere, als die Blockbildung in idealer Weise, Fläche auf Fläche, allerdings mit starker Kyphosierung, erfolgt ist. Durch die zunehmende Lordosierung des Lendenteiles machen sich Beschwerden geltend. In diesem Abschnitt ist denn auch die Tragfunktion nach hinten verlegt, da das Elastizitätsvermögen der Zwischenwirbelscheiben sich erschöpft hat. Ein eingepflanzter Span zeigt 7 Jahre nach der Operation (Patient ist unterdessen 20jährig geworden) eine ganz bedeutende Hypertrophie und bildet eine feste Knochensäule, die unter funktionellem Druck steht und die tatsächlich auch trägt. Patient ist vollkommen beschwerdefrei. Hier hat sich der Span also nicht nur erhalten, sondern es hat eine ganz bedeutende Knochenbildung stattgefunden, als Folge der funktionellen Beanspruchung des Transplantates.

Die Zahl der Fälle, wo also nicht mehr die primäre Deformität, der Gibbus und dessen Tragfähigkeit beeinflußt wurde, wohl aber die sekundäre Lordose mit ihren Beschwerden, ließe sich an unserem Material um zwei weitere vermehren, so daß hier von einem typischen Vorkommnis gesprochen werden kann und somit auch die Indikation zur Operation mit Bestimmtheit gestellt werden darf. Einmal war der Span so lang gewählt worden, daß er auch die eigentliche ursprünglich erkrankte Stelle überbrückte, es konnte aber später im oberen Abschnitt seine Resorption festgestellt werden, wenn auch praktisch das Resultat befriedigend blieb, denn von der Gibbuskuppe an abwärts stand der Span unter funktionellem Druck und konnte demnach seiner Aufgabe gerecht werden. Unter dem nichtoperierten Material hatten demgegenüber

4 Fälle mit ähnlichem pathologisch-anatomischen Befund über Jahre fortdauernde Beschwerden. Sie kamen aus äußeren Gründen nicht zur Operation und beweisen, den anderen gegenübergestellt, die tatsächliche Wirksamkeit des Eingriffes. Da es sich im übrigen hier um veraltete Fälle handelt, sind die Patienten auch nie mehr sehr jung, die pathologisch-physiologischen Verhältnisse der Wirbelsäule nähern sich denjenigen der Erwachsenen, von welchen dann noch die Rede sein soll.

Ja, selbst in bezug auf den Gibbus, nicht auf dessen Vermehrung, aber auf dessen Tragfähigkeit, läßt sich unter Umständen noch ein Erfolg durch die Operation erreichen, wenn dabei unter bestimmten Kautelen vorgegangen wird.

Das geht aus dem folgenden Beispiel hervor:

Beginn der Erkrankung mit 9 Jahren. Dorsalspondylitis. Während 8 Jahren war nur während kaum 10 Monaten eine richtige Behandlung möglich. Die Spondylitis tritt trotzdem ins Latenzstadium, aber mit ziemlich ausgeprägtem Gibbus, der im Alter von 17 Jahren bei dem Jungen zu starken Belastungsbeschwerden führt. Die kompensatorische Lordose ist nicht besonders ausgeprägt, und die Beschwerden sind auch nicht auf Stauchung in diesem Gebiet zurückzuführen, sondern liegen tatsächlich im alten Gibbus selber. Ein Korsett genügt nicht. Gemäß unseren Grundsätzen wird die Indikation zur Operation nur mit Reserve gestellt. Doch hat der Junge eine sehr kräftig entwickelte Muskulatur, so daß der Eingriff nach Erschöpfung aller übrigen Maßnahmen doch gewagt wird. Dabei wird der gerade Tibiaspan möglichst ventral, in die Rinne zwischen Dorn- und Querfortsatzreihe eingepflanzt. Um jede Abbiegung zu vermeiden, wird noch ein Stück Rippe reseziert. Bei der Operation zeigt sich in diesen dorsalen Knochenpartien eine teilweise Überbrückung durch neugebildeten Knochen. Es gelingt, den Span ohne Spannung anzulegen, nachher wird er sorgfältig mit Muskulatur bedeckt. Eine Progression der Abbiegung ist in Anbetracht des Alters und des latent gewordenen Prozesses nicht zu befürchten und in der Tat ergibt 2 Jahre später die Röntgenkontrolle einen in seiner ganzen Länge gut eingeheilten Span, mit ordentlichem funktionellen Resultat. Das heißt, die Beschwerden sind nicht vollständig verschwunden, erlauben aber doch eine leicht beschränkte Arbeitsfähigkeit, die vorher ganz verlorengegangen war.

Hier ist der Fall realisiert, daß der Span unter einer gewissen Biegungsbeanspruchung liegt, daß sich aber bei seiner Dicke die dadurch entstehenden Kräfte in seinem Substrate noch als Druck äußern, ganz abgesehen von der sehr kräftigen Muskulatur.

Daß natürlich in derartigen Fällen die Indikation eine sehr beschränkte bleibt, ist klar. Sie darf nur da gestellt werden, wo einigermaßen Garantie besteht, daß der Span an der Stelle, wo er tragen soll, unter Druck steht.

Es ist vielfach der Versuch gemacht worden, den Span bogenförmig zu gestalten, zur besseren Anpassung an die Gibbusform. Ja, einige Operateure haben gar Späne infrangiert. Die Methode scheint auf den ersten Blick bestechend. Unter Zugrundelegung des nun Gesagten scheint aber der Erfolg sehr fraglich. Wenn wir bereits gesehen haben, daß die „Umbauzonen" sowieso an den Stellen stärkster Biegung vorkommen, so ist doch gerade diesen

Stellen eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Natürlich hängt es nicht von der Form des Spanes oder von seiner Infraktion ab, ob als definitives Resultat ein stützfähiger Knochen resultiert. Es handelt sich vielmehr darum, vorher festzustellen, unter welche funktionelle Bedingungen ein Implantat zu stehen kommt. Ganz ausnahmsweise wird es ja sogar möglich sein, einen infrangierten Knochen an seiner Infraktionsstelle unter Druck zu bringen, im allgemeinen sind aber, wenn eine starke Abbiegung vorhanden ist, die funktionellen Bedingungen in bezug auf Druck schlecht, und ich konnte denn auch zwei anderwärts operierte Fälle, bei denen der Span infrangiert worden war, beobachten, mit ganz schlechtem Konsolidationsresultat.

Die Art der Operation.

Es ist vielleicht ein Nachteil der Spanimplantation gewesen, zu sehr das Augenmerk auf rein physikalische Faktoren richten zu lassen, d. h. den Knochen als feste Masse zu betrachten. Darauf beruht ein Teil der falschen Voraussetzungen bei der Operation.

In dieser Hinsicht hätte eigentlich a priori die von H i b b s angegebene Methode viel eher zur Vorsicht ermahnen sollen. Denn die Methode ist eigentlich nichts anderes als die künstliche Unterstützung der Vorgänge, wie sie die pathologische Physiologie zeigt.

Wir haben schon gesehen, wie die Wirbelsäule von sich aus, spontan eine lokale Ruhigstellung durch Osteophytenbildung erreicht, ja, wie selbst ganze Knochenbrücken gebildet werden, vorausgesetzt, daß die betreffenden Stellen unter Druckwirkung stehen. Die Methode von H i b b s, die in Europa allerdings noch wenig praktiziert wird, unterstützt im wesentlichen diesen Vorgang. Die Technik ist kurz die folgende: Es werden unter Wegschieben des Periostes und der Ligamente freigelegt: die Dornfortsätze, die hinteren Flächen der Bogen bis an die Basis der Querfortsätze. Die Gelenke werden zerstört, um an ihrer Stelle knöchernen Kontakt herzustellen, hierauf die Bogen partiell gespalten und die so frei gewordenen Knochenlamellen nach unten geklappt, so daß sie mit dem freigelegten Knochen des nächst unteren Bogens in Kontakt kommen. In ähnlicher Weise werden die einzelnen Dornfortsätze gespalten und gegeneinander aufgeklappt, so daß sie eine kontinuierliche Knochenverbindung herstellen. Das ganze Wundbett wird hierauf durch abgehobenes Periost und Ligamente wieder verdeckt. Eine ähnliche Modifikation wird neuerdings von P i c o t nach einem Vorschlage von R o u x angegeben.

Es ist klar, daß nach diesem Vorgehen, das keine unmittelbare Fixierung zur Folge hat, es nachher der funktionellen Kraft des Organismus bedarf, um einen Erfolg zu zeitigen. Prinzipiell ist natürlich die Indikationsstellung dieselbe wie für die Spanimplantation. Immerhin gestattet die Spanimplantation eine gewisse Biegungsbeanspruchung, die bei der Methode von H i b b s nicht zulässig ist.

Wie die Spanimplantation, so ist auch das Vorgehen von Hibbs bei Skoliose verwendet worden. Es wäre verfrüht über diesbezügliche Versuche, die da und dort angebahnt werden, abschließend zu berichten. Bei der Skoliose sind ja ganz bestimmte Voraussetzungen notwendig und in ihrer Behandlung wird die Knochenplastik immer nur Etappe bleiben, wie denn überhaupt meist jegliches operatives Eingreifen in der Orthopädie. Sei es, daß eine Operation die Behandlung einleitet, sei es, daß sie in einem anderen Falle abschließend, ein erreichtes Resultat garantiert. Für die Skoliosentherapie stellt die Knochenplastik jedenfalls immer nur ein Teilstück der Behandlung dar, ein Teilstück, das am eventuellen Erfolg nicht immer am meisten ausschlaggebend ist. Die Besprechung der Frage gehört nicht hierher. Allein die jüngsten Veröffentlichungen auf diesem Gebiete, vorab die Versuche von Schede, veranlassen mich die Frage zu streifen, weil aus den gewonnenen Resultaten eine Bestätigung der entwickelten Prinzipien der Spanplastik hervorgeht. Und die operative Inangriffnahme der Skoliose wird nur zu befriedigenden Resultaten führen, wenn, wie bei der Spondylitis, den Gesetzen der Knochenbildung Rechnung getragen wird. Sie ziehen allerdings in beiden Fällen dem therapeutischen Handeln enge Grenzen.

Die Hibbs sche Operation ist nun leider ebenso kritiklos angewendet worden wie die Spanimplantation, obschon man sich von vorneherein sagen dürfte, daß sie lediglich die natürlichen Ausheilungsvorgänge zu unterstützen vermag und demnach nur da angewendet werden kann, wo diese schon vorhanden sind, aber nicht genügen. Da sich die natürliche Heilung im Knochen genau den funktionellen Verhältnissen anpaßt, so tut es auch die künstliche Erleichterung des Vorganges. Unter diesen Umständen kommen wir für die Indikationsstellung, sowohl der Hibbs schen Operation als der Spanplastik, zu den gleichen Schlüssen.

In neuester Zeit berichtet Waldenström über gute Erfolge durch die Spanplastik, auch bei der kindlichen Spondylitis. Man muß aber gesehen haben, mit welcher Sorgfalt der schwedische Chirurg seine Patienten vor dem Eingriff behandelt. So versteht man denn seine Erfolge, die scheinbar im Widerspruche zu anderen Beobachtungen stehen, gut. Waldenström operiert erst zu einer Zeit, da der tuberkulöse Prozeß zum Stillstand gekommen ist. Die exakte orthopädische Behandlung während der ganzen Zeit garantiert ein Minimum von Deformität. Die Operation beabsichtigt nicht eine Behandlung der Tuberkulose, sondern eine Sicherung des erreichten Resultates.

Ich glaube an Hand unseres relativ großen und vor allem gründlich nachuntersuchten Materiales die Behauptung aufstellen zu dürfen, daß in den meisten Fällen von kindlicher Spondylitis ohne Operation auszukommen ist. Die wenigen Ausnahmen von dieser Regel haben wir kennengelernt. Sie betreffen lediglich veraltete Fälle, bei denen die Tuberkulose als solche keine Rolle mehr spielt. Bei diesen läßt eine genaue Analyse der mechanischen Ver-

hältnisse das eventuell zu erreichende Resultat einigermaßen vorausbestimmen. Resultiert daraus auch eine bedeutende Einschränkung der Operationsmöglichkeit, so gestaltet sich diese umgekehrt zu einer sicheren und wertvollen Bereicherung unseres therapeutischen Rüstzeuges.

Die Spondylitis der Erwachsenen.

Es ist wiederholt darauf hingewiesen worden, daß die Spondylitis der Erwachsenen in wesentlichen Punkten verschieden verläuft von der Spondylitis der Kinder. Einmal liegen die Gründe dafür in den pathologisch-physiologischen Verhältnissen der Wirbelsäule selber.

Die Zwischenwirbelscheiben, deren Bedeutung hervorgehoben wurde, büßen mit zunehmendem Alter an Elastizität ein. Das Knochenmaterial der Gelenkfortsätze hat nicht mehr die kindliche Plastizität, in gleicher Weise werden auch die Dornfortsätze weniger nachgiebig. Entsprechend verliert die ganze Wirbelsäule an Beweglichkeit. Aus den gleichen Gründen aber kommen die hinteren Abschnitte der Säule eher als stützendes Organ in Betracht. Eine Deformität wird unter diesen Umständen viel eher die Bogenwurzeln und sogar auch die Dornfortsätze in Mitleidenschaft ziehen und demnach gegebenenfalls auch mehr beanspruchen. Das Experiment, das oben (siehe Abb. 8—11) an der kindlichen Wirbelsäule demonstriert wurde, ist an der Wirbelsäule eines Erwachsenen nicht mehr möglich. Hier würde ceteris paribus der Span tatsächlich beansprucht werden. Hingegen gelten in bezug auf Knochenbildung bei Erwachsenen die gleichen Gesetze wie beim Kinde, speziell bezüglich des Zuges. Mit der Abnahme der Plastizität des Knochens geht nicht etwa eine Zunahme der Zugfestigkeit einher, vielmehr bleibt die Substanz nach wie vor der Einwirkung von mechanisch-biologischen Faktoren unterworfen, und es wäre vollkommen falsch, diese Verhältnisse nicht mehr zu berücksichtigen. Die Wirbelsäule als funktionelles Organ ist beim Erwachsenen anders zu bewerten als beim Kinde, nicht aber als Knochensubstanz. Daß das Wachstum nicht mehr zu berücksichtigen ist, ist selbstverständlich.

Nun nimmt aber beim Erwachsenen auch der tuberkulöse Vorgang im allgemeinen einen wesentlich anderen Verlauf. In der Tat beobachtet man jene beim Kinde so gewöhnlichen, ausgedehnten Einschmelzungsprozesse mit vollständigem Eingehen eines oder mehrerer Wirbelkörper seltener. Wohl kommt es im Verlaufe der Evolution zur Ausbildung von Kavernen mit Sequestern und ihren Komplikationen im Gefolge. Häufig sind sogar diese Herde multipel, aber sie konfluieren nicht so. Mit anderen Worten bleibt demnach die Wirbelform öfters in ihren großen Umrissen viel mehr gewahrt, was nicht etwa besagen will, daß der Prozeß darum benigner verliefe. Vielmehr wird dadurch auch die Narbenbildung eher gestört. So bleibt entsprechend die Gibbosität in der Regel relativ bescheiden angedeutet, während sie bei Einschmelzungs-

prozessen analog denen des Kindesalters soweit zum Ausdruck kommen müßte, als sie nicht Wachstumsreaktion ist. Ferner verläuft beim Erwachsenen manche Spondylitis vollkommen unbeachtet und tritt erst auf dem Sektionstische zutage. Im großen und ganzen ist der Verlauf der Krankheit viel mannigfaltiger. Neben käsigen, einschmelzenden Formen, die bei Kindern die Regel sind, kommen mehr trockene, osteoporotische, sklerosierende Formen vor. In der unteren Lendenwirbelsäule werden übrigens Formen mit guter Blockbildung nicht selten beobachtet. Da aber im allgemeinen die Knochenarchitektur in großen Umrissen erhalten bleibt, nimmt doch die Heilung gewöhnlich einen wesentlich anderen Verlauf. In der Tat wird die Erscheinung der Aufschichtung, als deren Resultat wir die Blockbildung kennen, oft vereitelt. Kavernen und Defekte bleiben über lange Zeit bestehen, auf periodisch auf-

Abb. 15.

Verlauf der Spondylitis bei einem Erwachsenen.

genommenen Röntgenbildern zeigt sich von Jahr zu Jahr dieselbe Architektur. Die Reparationsvorgänge, die Vernarbung, vorab deren Verkalkung, machen sich träger geltend. Die obenstehenden Röntgenpausen (Abb. 15) stellen die verschiedenen Erscheinungsformen einer über Jahre verfolgten Spondylitis eines Erwachsenen dar. Der Unterschied gegenüber dem Bilde Abb. 13 ist auffallend. Dort Einschmelzung und Blockbildung, hier ein fast unverändertes Bestehen der primär schon sichtbaren Läsionen mit nur geringem Einsinken.

Bei einem derartigen Verlauf haben die gesund gebliebenen Partien wenig Gelegenheit, sich Fläche auf Fläche aufeinanderzulegen. Die zwischenliegenden Defekte mit ihrem Detritus bleiben an Ort und Stelle liegen, ganz abgesehen davon, daß die Evolution des spezifischen Prozesses selber träger ist. Wer kennt nicht jene Spondylitiden, die über Jahre nicht heilen können, und wenn auch die Infektion zum Stillstand kommt, so bleiben jene Folgeerscheinungen, die wir als sekundäre Stoffwechselstörungen bezeichnet haben, chronisch bestehen und beherrschen dann das Symptomenbild.

Auch in der Lokalisation zeigt die Krankheit gegenüber dem Kinde einen Unterschied, indem nicht mehr die untere Dorsalgegend bevorzugt bleibt, sondern die Lumbalgegend häufiger betroffen wird. Das ist mit ein Grund, warum die Bogenreihe gegenüber der Körperreihe als Stützorgan eine erhöhte Bedeutung zukommt.

Aus unserer Statistik von 220 Fällen ergibt sich, daß mit zunehmendem Alter die Lokalisation der Tuberkulose der Wirbelsäule wechselt. Während in jüngeren Jahren tatsächlich dorsale oder lumbodorsale Formen vorwiegen, nimmt die Lokalisationshäufigkeit mit dem Alter kaudalwärts zu.

Mit ein Grund zu dieser Verschiebung der Lokalisationshäufigkeit des spezifischen Prozesses mag in den normalen Wachstumsverhältnissen der Wirbelsäule selbst liegen. So nimmt auch das Wachstum der oberen Abschnitte mit zunehmendem Alter ab, und je mehr kaudalwärts ein Wirbel liegt, umso mehr nimmt er mit den Jahren noch relativ an Höhe und Breite zu. Von Murk Jansen ist der Satz aufgestellt worden, daß von irgend einer Schädigung in erster Linie die am schnellsten wachsenden Zellen zuerst betroffen werden, ein Gesetz, das bereits für verschiedene Affektionen als richtig erkannt worden ist. Es wäre demnach sehr wohl denkbar, daß auch für die Lokalisation der Spondylitis dieser Umstand eine Rolle spielte.

Beim Erwachsenen läßt in klinischer Hinsicht zur Beurteilung der Erkrankung das Röntgenbild viel häufiger im Stiche als beim Kinde. So findet man gelegentlich röntgenologisch ganz hochgradige Defekte, die mit den geringen Erscheinungen im übrigen Symptomenbilde in keinem Verhältnisse stehen, häufiger ist allerdings das umgekehrte Verhalten der Fall, indem ein schweres klinisches Krankheitsbild sich durch kaum angedeutete röntgenologische Symptome auszeichnet. Es ist hier nicht der Ort, auf die sich in dieser Weise ergebenden diagnostischen Schwierigkeiten einzugehen. Die Beurteilung der Spondylitis, besonders im Anfang, ist aber meist viel schwieriger als beim Kinde, das Latenzstadium kann sehr lange dauern, für die Voraussage des weiteren Verlaufes haben wir kaum Anhaltspunkte. Ich betone das, weil beim Erwachsenen entgegen vielen Publikationen niemals von einer Operation im Frühstadium die Rede sein kann. Darüber unten noch mehr.

Bei der Ausheilung handelt es sich nicht zur Hauptsache um eine Kallusbildung, sondern um eine Verknöcherung der Narben. Demnach schreitet der Prozeß sehr langsam vorwärts. Wenn daneben auch, wie unter anderen Cofield an Hand eines größeren Sektionsmateriales gezeigt hat, außerhalb der Narbe Knochenbildung stattfindet, dann erfolgt diese erst relativ spät. Interessant sind im übrigen diese Befunde trotzdem, denn sie zeigen, daß Knochenneubildungen bei Erwachsenen häufiger angetroffen werden als bei Kindern, was übrigens bei dem erwähnten verschiedenen Heilungsverlauf nicht ver-

wunderlich ist. Durch die rasche Blockbildung beim Kinde ist sie eben oft gar nicht nötig.

So bildet die Wirbelsäule oft neben den Herden osteophytische Brücken, und diese haben tatsächlich die Fähigkeit, die Bewegungsmöglichkeit zwischen einzelnen Wirbeln aufzuheben. Diese Brücken finden sich selten bei Spätfällen, häufiger bei veralteten Prozessen. So ankylosieren in erster Linie auch die Gelenke. Man kann sich davon bei der funktionellen Analyse der Wirbelsäule leicht überzeugen. Damit nehmen auch bestimmte Schmerzen ab, die noch zu besprechen sein werden. In der Ankylosierung folgen dann die Bogenwurzeln. Die Plastizität der Dornfortsätze hat wohl gegenüber dem Kinde abgenommen, aber diese dorsalen Partien werden auch beim Erwachsenen zur Ausheilung wenig oder zum mindesten erst spät herangezogen.

Bei der gewöhnlich fehlenden Blockbildung ist es begreiflich, daß die sekundären Stoffwechselstörungen längere Zeit bestehen bleiben können. Vielfach drängt sich der Vergleich mit anderen Knochenaffektionen direkt auf. Im Spätstadium kann nämlich eine Spondylitis im symptomatologischen Ausdruck fast identisch mit einer alten Kompressionsfraktur oder mit einer K ü m m e l schen Krankheit sein. Jedenfalls wird in all diesen Fällen das Bild von einer sogenannten rarefizierenden Ostitis beherrscht. Besser wäre der Ausdruck einer S t o f f w e c h s e l u n t e r b i l a n z d e s K n o c h e n s, wie S c h e r b sich einmal äußerte. Die Wirbelsäule genügt unter diesen Umständen ihrer physiologischen Funktion nicht mehr. Ein Circulus vitiosus entsteht dadurch, daß die ungenügende Funktionstüchtigkeit ihrerseits durch die relativ zu großen Ansprüche weiter herabgesetzt wird.

Nach diesen kurzen Ausführungen, die einen aus unseren Krankengeschichten abgeleiteten statistischen Durchschnitt darstellen, der natürlich für den Einzelfall einer großen Streuung unterworfen ist, läßt sich immerhin die Indikation bis zu einem gewissen Grade klarlegen.

Über die Nützlichkeit der Knochenplastik bei gewissen nichttuberkulösen Affektionen (K ü m m e l, alte Kompressionsfrakturen, Luxationen) herrscht ziemliche Einigkeit unter den Autoren, nachdem d e Q u e r v a i n seine ersten Fälle veröffentlichte. Ich bin natürlich weit davon entfernt, aus der oft frappanten Ähnlichkeit derartiger Störungen mit alten Spondylitiden im klinischen Symptomenbilde etwa eine Identität in der Pathologie herauskonstruieren zu wollen. Die resultierende Funktionsstörung ist aber die gleiche und bedarf demnach der gleichen Behandlung, insofern diese orthopädisch ist.

Wir haben bei Erwachsenen nie im Frühstadium operiert, und ich glaube mit Recht. Wenn dabei die Literatur doch zum Teil von guten Resultaten berichtet, dann möchte ich nur daran erinneren, welche Schwierigkeiten die Diagnose macht, und ich habe wiederholt anderwärts operierte Fälle gesehen,

die gar keine Spondylitiden waren. Das eine Mal handelte es sich um eine Pleuritis, das andere Mal um eine Hysterie und schließlich einmal um chlorotische Interskapularschmerzen. Immer fehlten bei der späteren Kontrolle Zeichen einer Knochenaffektion. Ferner ist nicht zu vergessen, daß leichte Fälle unmittelbar und auch dauernd glänzende Resultate geben können. Das tun aber auch Fälle ohne Operation. Daß die Spondylitis manchmal ganz unbemerkt evoluiert, zeigen die häufigen zufälligen Sektionsbefunde. Überhaupt ist die große Mannigfaltigkeit der Erscheinungsformen nicht zu vergessen, so daß die kritische Beurteilung von Resultaten außerordentlich vorsichtig erfolgen muß.

Bei Fällen mit schwererem Verlauf aber kann die Prognose nur in ganz unbestimmter Weise gestellt werden. Hier spielt die Allgemeinbehandlung die Hauptrolle. Man vergesse doch nicht, daß es sich eben doch immer in erster Linie um eine Tuberkuloseaffektion handelt, daß aber die Spanplastik mit den immunbiologischen Verhältnissen nichts zu tun hat und daß der spezifische Prozeß auch bei bester Behandlung während einer bestimmten Zeit evoluiert und auch evoluieren muß. Dabei ist nicht zu bestreiten, daß für die Ausheilung die orthopädischen Maßnahmen von Wichtigkeit sind. Sie richten sich hier nicht vornehmlich gegen die Gibbusbildung, dagegen erstreben sie eine möglichste Ruhigstellung. Diese erreichen wir aber beim Erwachsenen vor dem Einsetzen der Heilungsvorgänge durch einen dorsal gelegenen Span ebensowenig wie beim Kinde, besonders wenn die Zwischenwirbelscheiben ihre physiologische Funktion teilweise noch ausüben, was im Anfang meist der Fall ist. Hier kann nur die Immobilisation des ganzen Organes wirksam sein, und eine relative Ruhigstellung der Wirbelsäule ist im Hinblick auf die beim Erwachsenen stärkeren Stoffwechselstörungen sekundärer Natur ganz besonders wünschenswert. Ich gebe zu, daß hier eine Abkürzung der Liegebehandlung aus allerlei Gründen noch wünschenswerter wäre als bei jüngeren Individuen. Aber auch da garantiert ein orthopädisches Korsett mehr als ein im Anfangsstadium sozusagen unwirksamer Span.

Schwieriger wird die Frage im S p ä t s t a d i u m, d. h. wenn die natürlichen Ausheilungsvorgänge einzusetzen beginnen. Diese sind sehr schwer zu beurteilen. Der sicherste Anhaltspunkt bleibt noch die Zeit, in der Annahme, daß im allgemeinen die Reparation nach 2–3 Jahren Evolution einsetzt. Das ist ein Durchschnitt. Individuell bestehen große Verschiedenheiten im Prozeß und in der Konstitution. Immerhin sind wir nach dieser Zeit über die Art des Verlaufes und über eventuelle Komplikationen (Abszeß, Paraplegie usf.) einigermaßen im klaren. Solange irgendwelche Anhaltspunkte für einen fortschreitenden tuberkulösen Prozeß bestehen, sei man vorsichtig mit der Indikationsstellung. Wohl werden sich hier und da gute Resultate ergeben, die aber zum großen Teil nicht auf den Eingriff sensu strictiori zurückzuführen sind, sondern auf die Begleitumstände, wie Ruhe und vielleicht auch reaktive

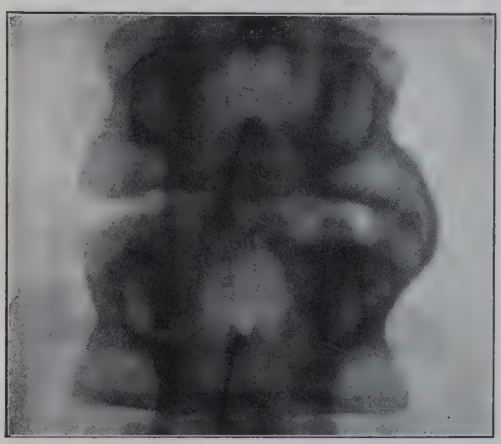
Hyperämie. In anderen Fällen aber werden sich die Beschwerden, ganz ähnlich wie wir es schon beim Kinde gesehen haben, erneut einstellen. Demnach ergibt sich

die Indikation zur Knochenplastik beim Erwachsenen

wie folgt:

Noch weniger als beim Kinde gibt das Röntgenbild allein Anhaltspunkte, um das Stadium der Spondylitis zu erkennen. Die käsige Ostitis, die sich von kleinen Herden aus verbreitet, bei oft auffallender Wahrung der Wirbelform, ist manchmal röntgenologisch kaum zu sehen, und viele Fälle kommen auch über längere Zeit bei sicheren klinischen Erscheinungen nicht über dieses Stadium der Latenz im Röntgenbilde hinaus.

Abb. 16.



Da die Periostreaktionen nicht sehr hochgradig sind, entziehen sich diese im Ausheilungsstadium vielfach unserer Erkenntnis, und der hier abgebildete Fall (Abbildung 16) einer soliden natürlichen Spangenbildung zwischen zwei Wirbeln bei geschlossener Spondylitis dürfte eher eine Ausnahme darstellen. Das Bild wurde 2 Jahre nach Beginn der klinischen Erscheinungen aufgenommen, der Prozeß dauerte aber sicher länger.

Wie es im Verlaufe der Evolution keine in bestimmter Reihenfolge zu durchlaufende Serie von Symptomen gibt, so kann die Tuberkulose auch in jedem Stadium ausheilen und bei allen publizierten guten Erfolgen im Anschluß an eine bestimmte Behandlungsart, besonders im Spätstadium der Krankheit, ist eine sehr vorsichtige Kritik am Platze. Wir werden noch sehen, daß durch vorsichtige Einschränkung der Operation auf geeignete Fälle, tatsächlich im Spätstadium gelegentlich Erfolge zu verzeichnen sind. Immerhin ist die Auswahl nicht leicht.

Es ist sehr zu bezweifeln, ob die durch Graefe und Küpferle bei Lungenphthisen festgestellte Parallelität zwischen Röntgenbild und pathologisch-anatomischer Form der Tuberkulose für die Lokalisation der Affektion im Knochen brauchbar ist. Nach Flesch-Thebesius soll eine derartige röntgenologische Differenzierung auch für die chirurgischen Formen möglich und praktisch verwertbar sein. Aber das genaue Studium unseres Röntgenmateriales beweist mir, daß an der Wirbelsäule eine derartige weitgehende Differenzierung außerordentlich schwer fällt.

Natürlich werden wir in ganz typischen Fällen und bei längerer Beobachtungsmöglichkeit diffuse, destruktive Prozesse von produktiven Formen unterscheiden können, und die grobtrabekuläre Struktur im Ausheilungsstadium wird uns hier und da die Ausheilung anzeigen. Im Wirbel sind aber Überzeichnungen in so weitgehendem Maße möglich, daß praktisch diese Differenzierung selten in Betracht fällt. Selbstverständlich werden wir das Röntgenbild immer soweit als möglich mit verwerten. Bei der oft schroffen Diskrepanz, in welcher es zum klinischen Bilde steht, wird man ihm aber zur Beurteilung eines Falles einen bescheidenen Platz anweisen müssen. Hat man Gelegenheit, Fälle periodisch röntgenologisch zu untersuchen, dann wird die zunehmende Verdichtung der Struktur, die noch ziemlich häufig zu beobachten ist, neben den bei den nicht mischinfizierten Fällen im Spätstadium eher selten sichtbaren produktiven Vorgängen, Anhaltspunkte für das Einsetzen der Heilungsvorgänge ergeben. Daß das ganze klinische Bild mit berücksichtigt werden muß, ist selbstverständlich. Ist man so weit — es handelt sich dann ausschließlich um sehr späte Fälle, wenn man auch nicht so lange zu warten braucht wie beim Kinde —, dann ist eine genaue mechanisch-funktionelle Analyse der Läsion am Platze. Dadurch fällt der Entscheid, ob dem Patienten durch die Knochenplastik ein Vorteil erwächst oder nicht.

So zeigt eine Patientin Fr. R., welche im Alter von 26 Jahren wegen Lumbalspondylitis mit geringem Gibbus und partieller Einschmelzung zweier Wirbel ohne weitere nachweisbare Komplikationen 2 Jahre nach Beginn der Erscheinungen operiert wurde, noch 5 Jahre nach der Operation wohl eine Besserung, jedoch keine Beschwerdefreiheit, ein Beweis, daß auch bei völligem Latentwerden des Prozesses dem sonst tadellos eingeheilten Span nur eine beschränkte Tragfähigkeit zukommt.

Ein 20jähriger E. Sch. mit Dorsalspondylitis und ziemlichem Gibbus, 2 Jahre später, d. h. etwa 3 Jahre nach Beginn der Erscheinungen, also wohl im Latenzstadium operiert, weist, wie zu erwarten, lediglich eine Wirkung des Spanes in der unteren kompensatorischen Lordose auf, höchstens ist also hier die Stauchung behoben. Aber wir wissen nicht, ob nicht die gleiche Beschwerdefreiheit auch ohne Operation erreicht worden wäre, da auch Nichtoperierte ein ähnliches Resultat aufweisen. Jedenfalls hätte in beiden Fällen unbedingt mit dem Eingriff zugewartet werden müssen.

Demgegenüber ein nichtoperierter Fall F. E. mit Dorsalspondylitis im Alter von 25 Jahren klinisch ausgeheilt, mit partieller Einschmelzung zweier Wirbel ohne Blockbildung, dagegen röntgenologisch deutliche Knochenbrücken. Mit 30 Jahren bestehen noch leichte Insuffizienzbeschwerden, denen aber ein Korsett genügt. Hätte da durch die Operation das Korsett weggelassen werden können? Beim fehlenden Gibbus und der mechanischen Konstellation, die keine bedeutende Reklination erforderte, sehr wohl möglich. Der Span hätte die bestehenden Knochenbrücken verstärkt, aber anderseits haben wir ja breit ausgeführt, welche Aufgaben dem Span und welche dem Korsett zukommen.

Noch ein typischer Fall B. R., 29jährig. Erkrankung des zweiten bis fünften Brustwirbels ohne wesentlichen Gibbus. Im Stadium der Latenz, mindestens 3 Jahre nach Beginn der Erkrankung, findet eine Spanimplantation statt. Kontrolle nach weiteren 3 Jahren. Die Beschwerden bestehen unverändert fort, der Span ist sehr gut erhalten, trägt aber kraft der Lokalisation und der zu stark beeinträchtigten Funktion ganz ungenügend.

Wir haben bereits beim Kinde gesehen, wie schlecht die Lokalisation im oberen Brustteil ist, damit dem Spane eine Tragfunktion zukommen könne. Die gleichen mechanischen Faktoren bedingen auch, daß die hinteren Wirbelpartien sehr wenig auf Druck beansprucht werden und somit in ihrem Bereich nur wenig Knochenneubildung stattfinden kann. Der Span heilt kraft der Muskulatur und des bestehenden funktionellen Druckes gut ein, die Knochenneubildung in den ventralen Partien vermag er aber nicht zu beeinflussen.

Demgegenüber steht der folgende Fall H. E. Erkrankung mit 24 Jahren an Spondylitis des vierten und fünften Lumbalwirbels, ohne grob sichtbare Einschmelzung. Beginnende Sklerosierung und partielle Ankylose nach 2 Jahren Beobachtung, jedoch immer noch starke Beschwerden. Spanplastik. Bei der Kontrolle nach 1 Jahr ist Patient völlig beschwerdefrei.

Hier hält es schwer, zu entscheiden, ob ohne die Operation nicht das gleiche Resultat erreicht worden wäre. Im allgemeinen muß zwar an Hand des nicht operierten Materiales gesagt werden, daß die durchschnittliche Zeit bis zur Beschwerdefreiheit in ähnlichen Fällen länger ist, sie wird zum Teil gar nicht erreicht.

Die Beispiele, die sich vermehren ließen, genügen, um zu zeigen, daß wir im Spätstadium bei Erwachsenen, wo wir die Prognose abzuschätzen vermögen, die Indikation nicht mit der gleichen Schärfe ablehnen müssen wie beim Kinde. Wenn einerseits Mißerfolge nun vermieden werden können, indem speziell bei Dorsalspondylitiden größte Vorsicht am Platze ist, so lassen sich die günstigeren Lokalisationen nicht mit voller Bestimmtheit voraussehen, da wir uns ja nur sehr mangelhaft über die Dynamik des Ausheilungsvorganges klar werden können. Wenn in gewissen Fällen der Eindruck einer Beschleunigung der funktionellen Ausheilung durch die Plastik hervorgerufen wird, so ist natürlich dieser Eindruck ein höchst subjektiver und unwissenschaftlicher Begriff. Wohl erscheint er uns aus pathologisch-physiologischen Gründen plausibel, und es gelingt leicht, ihn durch die Statistik zu beweisen. Aber die Statistik beweist schließlich alles, was man gerne will.

Fälle wie der folgende mahnen zur Vorsicht. Eine 30jährige Frau mit Lumbalspondylitis zeigt nach mehr als 2 Jahren erneute Verdichtung der Knochenstruktur, aber eine bestehende funktionelle Insuffizienz. Der besonders günstigen Lokalisation wegen wird eine Spanplastik in Aussicht genommen. Der Eingriff muß aus äußeren Gründen verschoben werden. Unterdessen sind aber alle Beschwerden verschwunden, und ein Jahr später versieht die Frau ihre Arbeit ohne irgendwelche Störung. Das gleiche Resultat in ungefähr der gleichen Zeit wäre wohl auch durch die Operation zustande gekommen.

Im Bestreben, unsere Indikation nur da zu stellen, wo sie wirklich am Platze ist, kommen wir ganz allmählich dazu, auch im Spätstadium sehr zurückhaltend zu sein, und wenn möglich, nach konservativen Grundsätzen zu behandeln.

Man wird am besten immer zuerst die Wirbelsäule ohne Eingriff ihre Funk-

tion wieder aufnehmen lassen. Das daraus resultierende klinische Bild hilft uns dann die Indikation zum eventuellen Eingriff präzisieren. So kommen wir aber eigentlich allmählich so weit, zuzuwarten, bis aus dem Spätfall ein veralteter Fall geworden ist, wenn man natürlich auch nicht so lange zuzuwarten braucht, bis die Möglichkeiten der natürlichen Heilung vollständig erschöpft sind. Dieses Zuwarten bedeutet tatsächlich auch im sozialbiologischen Sinn keinen Nachteil, denn in keiner unserer Krankengeschichten läßt sich bei kritischer Beleuchtung eine Abkürzung der Invalidität durch die Vornahme der osteoplastischen Operation irgendwie nachweisen.

Erinnern wir uns aber aus der Physiologie der normalen Wirbelsäule, daß die Bogenpartien eine große Bedeutung für Bewegungshemmungen haben. Entsprechend gewinnen diese bei der Spondylitis eine ganz besondere Wichtigkeit. Ohne Bogenpartien hat die Säule der Wirbelkörper eine ganz enorme Beweglichkeit. Mit den Bogenteilen, und zwar vor allem mit den Gelenkfortsätzen wird die Beweglichkeit gehemmt.

Als Beweis dafür kann die Tatsache aus der pathologischen Anatomie der Skoliose angeführt werden, wo eine Skoliose erst voll ausgebildet ist, wenn diese Gelenkfortsätze durch die bei der Verkrümmung tätigen Kräfte verändert, ja zum Teil verschwunden sind. Und zwar finden sich diese Veränderungen, wie zu erwarten, im Keilwirbel z. B. auf der Zugseite. Diese für die Pathogenese der Skoliose nicht unwichtige Frage soll an anderer Stelle besprochen werden.

Für unsere Betrachtung lehren uns diese Verhältnisse vor allem die Wichtigkeit der Bogenwurzeln und der Gelenkfortsätze für die Ausheilung der Spondylitis erkennen. Wir haben gesehen, daß beim Erwachsenen diese unter geeigneten mechanischen Bedingungen zuerst ankylosieren. Diesen Vorgang können wir künstlich unterstützen, besonders im Hals und Lendenteil. Vorher ist aber jede Ruhigstellung durch einen Span sehr problematisch. Ich erinnere an den ersten Teil dieser Arbeit. Ergibt die funktionelle Analyse einer ausheilenden Spondylitis, daß der Prozeß so weit ist, dann darf im Spätstadium der Eingriff gewagt werden, wenn die Insuffizienzbeschwerden sehr hochgradig sind und wenn demnach Aussicht besteht, daß die natürliche Reaktion allein in absehbarer Zeit nicht genügend sein wird. In diesem Falle beschleunigt die Operation sicher den Ankylosierungsvorgang, soweit es gelingt, den Span dabei unter funktionellen Druck zu bringen, sei es direkt, sei es durch Wahl einer geeigneten Dicke indirekt, durch die bei Biegung entstehenden neuen Druckkräfte. Jeder Fall ist im übrigen gerade in diesem Stadium zu verschieden, als daß therapeutisch über diese allgemeinen Richtlinien hinaus bestimmtere, allgemein gültige Angaben gemacht werden könnten.

Die Beurteilung der Resultate ist auch sehr schwer. Wo der Erfolg der Operation einigermaßen sicher steht, handelt es sich um Fälle, die zum Teil schon als veraltet bezeichnet werden müssen. Eine kleine Kasuistik folgt deshalb mit diesen zusammen weiter unten.

Die veralteten Fälle.

Sind einmal die natürlichen Heilungsvorgänge am Werke, dann kann der spezifische Prozeß mehr und mehr vernachlässigt werden. Im Vordergrund stehen die sekundären Stoffwechselstörungen mit rarefizierender Ostitis, mit einer mechanischen Störung des Gleichgewichtes zwischen Beanspruchung und Funktionsmöglichkeit. Besser als im Spätstadium besteht hier die praktische Möglichkeit, die Physiologie der Wirbelsäule unter den neuen Bedingungen zu berücksichtigen, da die Verhältnisse allmählich stabile Formen annehmen. Die Gebiete, die natürlich zu versteifen trachten, lassen sich scharf absondern von den oft dicht benachbarten, welche einer umso größeren Bewegungsbeanspruchung genügen müssen. Im Verlaufe dieser Beobachtungszeit aber lassen sich auch die Fälle klären, bei denen die zu große Beweglichkeit einer natürlichen Versteifung und Fixierung hinderlich ist, und unter diesen diejenigen auswählen, die einer gegen diese „falsche" Beweglichkeit gerichteten operativen Therapie zugänglich sind. Beim Erwachsenen sind Pseudarthrosen im Span weniger zu befürchten als beim Kinde, weil die Bewegungsexkursionen der Wirbel gegeneinander geringer sind, und weil auch jede Bewegung durch die wenig elastischen Zwischenwirbelscheiben von vornherein gehemmt ist. Die schlechten Erfahrungen an Extremitätsgelenken, die durch Späne versteift werden, gelten hier in geringerem Maße. Sobald es sich allerdings um eine kompensatorische Beweglichkeit handelt, erreicht diese doch höhere Grade, so daß, wie eben erwähnt, es sehr wünschenswert erscheint, mit dem operativen Eingriff zuzuwarten, bis sich die einzelnen Bewegungsarten definitiv differenziert haben. Die kompensatorische Beweglichkeit müssen wir respektieren, wenn wir nicht Funktionsstörungen der Wirbelsäule oder, was noch leichter eintritt, Resorptionserscheinungen im Span unter Zugwirkung riskieren wollen.

Somit läßt sich die Indikation zur Plastik auch in veralteten Fällen nicht in einfacher Weise formulieren, da immer eine Reihe von Faktoren im Spiele sind. Ein Grund mehr, zu verlangen, daß hauptsächlich die Mißerfolge bekanntzugeben sind.

In den meisten Arbeiten vermißt man eine weitgehende Differenzierung der Fälle im Hinblick auf ihre Operationsmöglichkeit. Das ist mit ein Grund zu den diametral verschiedenen Ansichten über den Wert der Plastik. Und der Lumbalteil mit seiner ausgedehnt vorhandenen Möglichkeit zu Seitenbiegung wird in dieser Hinsicht besonders verschieden beurteilt. Hier bestehen Diffe-

renzen auch unter den Anhängern der Operation. Ich glaube, daß bei einer jeweiligen genauen funktionellen Analyse der Fälle, in der Art, wie wir sie entwickelt haben, und bei Berücksichtigung dessen, was wir nun bezüglich der Knochenbildung und des Verhaltens von Spänen im allgemeinen auseinandergesetzt haben, diese Gegensätze allmählich verschwinden dürften.

Das aus der Literatur statistisch eruierbare Mittel zeigt ein deutliches Überwiegen der Befürworter der Osteoplastik für das erwachsene Alter. Einen ganz besonders hohen Prozentsatz von guten Erfolgen verzeichnen Albee, Hibbs, Gray u. a., sowie verschiedene deutsche Autoren. Vorsichtiger sind Roeren, Vorschütz und Görres, sowie auch Roos. Ebenso Sorrel in Frankreich, Jones in England und Lovett in Amerika. Jones und Lovett operieren beim Kinde selten mehr, erzielen dagegen beim Erwachsenen bessere Resultate. Auf Grund ihrer großen Statistik kommen sie zum Schluß, daß sich hier die lumbalen und dorsolumbalen Formen am besten eignen. Ebenso kommt Mau in einer kritischen Arbeit zu einer ähnlichen Einschränkung der Indikation.

Nach unserer Erfahrung können diese Schlüsse bestätigt und ergänzt werden. Wir haben gesehen, daß beim Kinde die Transformationsgesetze in hohem Maße dem Wachstum unterstehen. Das gilt vor allem für die Gibbusbildung. Wenn ein Span, bei geeigneter Dicke, wohl einen gewissen Widerstand gegen Durchbiegung bietet, dann haben wir weiter gesehen, daß er der Abdrehung sehr schlecht widersteht.

Beim Erwachsenen sind alle diese Verhältnisse viel stabiler, teils aus physiologischen Gründen, teils wegen des besonderen Ablaufes des pathologischen Prozesses. Sie lassen sich demnach funktionell auch viel besser beurteilen. Trotzdem müssen die Bedingungen der pathologischen Physiologie des Einzelfalles bei jeder Indikationsstellung noch mehr berücksichtigt werden als bisher. Denn sonst müßte man sich in kurzer Zeit dem Standpunkte zuwenden, den die vollständig ablehnenden Autoren (Haglund, Lexer u. a.) einnehmen. Jedenfalls zeugt diese letztere Ansicht von größerer Kritik. Es hält allerdings sehr schwer, fremde Resultate mit den eigenen zu vergleichen. Erfolge sind in hohem Maße von der übrigen Systematik in der Behandlung abhängig, daß die Operation oder Nichtoperation niemals den Ausschlag allein gibt. Unter sorgfältiger Berücksichtigung möglichst vieler Faktoren haben wir bis jetzt der Operation nur einen sehr bescheidenen Platz zuweisen können. An Hand weiterer Beispiele möchte ich aber doch nachweisen, daß ihr für gewisse Fälle ein unbestreitbarer Wert zukommt. Die Extreme sind in dieser Hinsicht am lehrreichsten. Beim Erwachsenen gibt es Fälle, die, über Jahre sachgemäß behandelt, nicht zur Ruhe kommen. Das Korsett genügt nicht, weil es nur sehr beschränkt wirkt. Hier stellt sich in erster Linie die Frage nach der Operation, weil alle übrigen Möglichkeiten erschöpft sind. Da können wir aber auch ein objektives Urteil über die Resultate des Ein-

griffes gewinnen. Meist ist die Lokalisation der Tuberkulose eine ganz typische. Dorsolumbal- oder Lumbalgegend. Wenn schon die Spondylitis sich mit Vorliebe dort festsetzt, so kommt es dazu in den höher gelegenen Partien viel häufiger überhaupt zu einer restlosen Ausheilung. Ceteris paribus gilt allerdings die gleiche Indikationsstellung für ganz vereinzelte Fälle des Halsteiles.

In den erwähnten kaudalen Abschnitten ist die Vorwärtsbewegung der Wirbelsäule am stärksten physiologisch gehemmt, entsprechend der geringeren Möglichkeit zur Beugung überhaupt. Dazu kommt noch die Stauchung, gemäß der gebogenen Form des Organes, sowie die größere statische Belastung im Verhältnis zu den oberen Partien. Mit anderen Worten müssen sich hier die in der Längsachse einwirkenden funktionellen Kräfte im Sinne der Kompression am stärksten geltend machen. Es ist demnach klar, daß bei einem Minus an Funktionstüchtigkeit die funktionelle Belastung hier am stärksten zum Ausdrucke kommt und leicht zur Überlastung wird. Nun haben wir aus unserer pathologisch-physiologischen Analyse ersehen, was empirisch nach den Resultaten schon Jones, Lovett und Mau hervorheben, daß sich nämlich gerade diese Gegend noch am ehesten einer Knochenplastik zugänglich zeigt. Ich erinnere an die Beanspruchung der Spangegend, an die Stellung der Gelenke, an die Muskulatur, an die Lordose, an die möglichen Bewegungsexkursionen usf.

Die Indikation zum Eingriff stellt sich in erster Linie in Fällen, in welchen mehrere Wirbel ergriffen sind, was ja bei allen mittelschweren und schweren Spondylitiden der Fall ist. Ein Vergleich mit den Verhältnissen bei alten Kompressionsfrakturen drängt sich geradezu auf. Von diesen wissen wir, daß bei Läsionen nur eines Wirbels im allgemeinen der sich bildende endostale Kallus der späteren Funktion genügt. Sind dagegen mehrere Wirbel betroffen, dann wird die Gegend gewöhnlich erst wieder funktionstüchtig, wenn eine Periostspange von Wirbel zu Wirbel übergreifend, zum Kallus hinzukommt. Dieser Vorgang bedarf zu seiner Ausbildung einer längeren Zeit, d. h. mehrerer Jahre. Der gute Erfolg der Spanimplantation in solchen Fällen wird in der Literatur kaum bestritten, indem das Transplantat die Rolle natürlicher Spangen übernehmen kann.

In ähnlicher Weise kann sich in gewissen Fällen die Spondylitis verhalten, besonders wenn die Architektur der ursprünglichen Wirbelform wenig geändert hat und demnach auch kein Gibbus besteht. In solchen Fällen, wo natürlich keine Blockbildung zustande kommt, ist es aber auch ganz klar, daß, wenn eine chronische Funktionsunterbilanz überhaupt festzustellen ist, die Knochenplastik die klinische Ausheilung in die Wege leiten und auch beschleunigen kann. Meist liegen allerdings die Verhältnisse komplizierter, weil die Wirbel ihre ursprüngliche Form, wenn auch weniger als beim Kinde, so doch immerhin deutlich verändert haben, ohne jedoch unter der Einwirkung des funktionellen Druckes eine richtige Aufschichtung zu gestatten. Er-

fahrungsgemäß bieten derartige Formen noch am ehesten chronische Insuffizienzsymptome dar.

Über die veralteten Fälle, die sich vom Kindesalter mit ihren Beschwerden bis ins erwachsene Alter hinziehen, haben wir schon einiges gesagt. Überhaupt ist ja die Trennung in diesem Sinne in der Pathologie zwischen Kind und Erwachsenem keine so scharfe. Sie wurde in diesen Ausführungen besonders hervorgehoben, um den im großen und ganzen bestehenden prinzipiellen Unterschied zu charakterisieren. Daß es Ausnahmen und Übergänge gibt, ist klar.

Es kommen Fälle vor, die im Kindesalter scheinbar mehr oder weniger vollständig ausheilen und die trotzdem viel später plötzlich wieder Beschwerden machen, ohne daß es sich dabei immer um ein Wiederaufflackern des spezifischen Prozesses zu handeln braucht.

So erkrankt J. Z. mit 9 Jahren an Lumbalspondylitis IV und V, welche im Alter von 12 Jahren vollständig ausgeheilt ist. Volle 9 Jahre später, mit 21 Jahren, machen sich Beschwerden in Form großer Ermüdbarkeit des Rückens geltend. Die beiden Wirbel sind leicht asymmetrisch, in ihrer Höhe verkürzt, aber gut ossifiziert. Die Beweglichkeit ist nicht völlig aufgehoben. Ein tuberkulöser Prozeß ist nicht anzunehmen, dagegen ist die Wirbelsäule bei der bestehenden leichten Torsion funktionell ungenügend. Der nötige Halt am Becken läßt sich durch ein Korsett nicht erreichen, da die Bewegungsexkursionen gerade an der geschwächten Stelle dadurch größer werden. Ein Span, der die beiden Wirbel mit dem Sakrum verbindet, findet sich 3 Jahre nach der Implantation hypertrophiert, die Stauchungsschmerzen sind vollständig verschwunden, es besteht noch leichte Ermüdbarkeit.

In anderen Fällen mit tiefem Sitz kann es sekundär, auch bei sonst völligem klinischen Stillstand, ähnlich wie bei den angeborenen Lumbosakralanomalien, zu neuralgischen Schmerzen im Bereich der Nervi clun. sup. oder gar des Ischiadikus kommen. Bei höherem Sitz beobachtet man gelegentlich ausstrahlende Neuralgien nach ventral. Den oberen Lokalisationen genügt in solchen Fällen ein Korsett gewöhnlich. Dadurch wird einerseits leicht entlastet, anderseits zur Hauptsache ruhiggestellt. Im unteren Lumbalteil wird das Resultat, aus den schon erwähnten Gründen durch das Korsett nicht immer erreicht.

Diese Neuralgien sind zum Teil wohl direkte Narbenwirkung auf die entsprechenden sensiblen Nervenverzweigungen. Häufiger allerdings wird der Mechanismus der sein, daß es sich um reflektorische Projektionen von sensiblen Störungen handelt, welche durch irgend einen Reizzustand ausgelöst werden. Vorab durch abnorm belastete Gelenke, überhaupt durch chronisch-arthritische Veränderungen. Sei es nun postinfektiös, sei es manchmal durch ein relativ geringfügiges Trauma verschlimmert, ist so Gelegenheit zur Entwicklung einer lange dauernden Lumbago gegeben, die erst verschwindet, wenn die betreffende Reizstelle, meist wie gesagt ein Gelenk, entlastet und ruhiggestellt wird. Ja, der Erfolg der entsprechenden Therapie ist in diesem

Falle der direkte Beweis für die Richtigkeit der eben entwickelten Erklärung derartiger Beschwerden. Solche Zustände können oft über Jahre dauern und ebenso lange eine partielle Invalidität zur Folge haben. Gelingt es nicht, sie durch ein Korsett zu beheben, dann ist eine künstliche Ankylosierung und auch eine Entlastung der Gegend indiziert. Bei tieflumbalem Sitz genügt ein Span dieser Indikation tatsächlich.

So erkrankt eine Patientin E. H. mit 25 Jahren an Spondylitis des vierten und fünften Lumbalwirbels, ohne wesentliche Einschmelzung, so daß schon $1^1/_2$ Jahre nach Beginn der Symptome eine deutliche Konsolidation da ist. Nur bestehen starke neuralgiforme Schmerzen. Ein halbes Jahr nach der Spanplastik ist die Patientin völlig beschwerdefrei und bleibt es auch jetzt (2 Jahre unter Kontrolle nach der Operation).

Wir haben schon öfters betont, daß in allen Fällen die Funktionsmöglichkeit des Spanes mit berücksichtigt werden muß. Bei starkem, wenn auch nicht mehr progredientem Gibbus, bei hohem Sitz im Brustteil, kann der Span unter Umständen knöchern erhalten bleiben, er kommt aber zu gar keinem Effekt, weil der funktionelle Schwerpunkt viel zu weit ventral liegt.

Es erübrigt sich, die Kasuistik in dieser Hinsicht zu vermehren. Es haben aber mehrere derartige Fälle unser Ambulatorium passiert, die in ihrem Zustande auch nach der Operation keine Veränderung aufweisen. Diese vollständigen Mißerfolge leisten uns den Beweis für die Richtigkeit unserer Voraussetzungen.

In ähnlicher Weise ist von der Knochenplastik auch im Lendenteil wenig zu erwarten, wenn durch den vorausgegangenen Zerstörungsprozeß zwei Wirbel vollständig gegeneinander verworfen sind. Denn dadurch kommt die Hauptrichtung des funktionellen Druckes ganz außerhalb der Längsachse des Spanes zu liegen. Und doch lohnt sich manchmal der Versuch, wenn der Span auch auf Biegung beansprucht werden muß. Sobald die Deformität im Lumbodorsalteil z. B. nicht zu groß ist, gelingt es später, mit Hilfe eines reklinierenden Korsettes doch eine ordentliche Stützwirkung der künstlich verstärkten dorsalen Abschnitte der Wirbelsäule zu erreichen, welche die Invalidität zum Teil wenigstens behebt.

So zeigt eine Patientin R. F. mit 30 Jahren eine latente Dorsolumbalspondylitis, wobei der obere der hauptsächlich affizierten Wirbel mit seiner ventralen Fläche auf den unteren zu liegen kommt. Trotz Korsett besteht eine hochgradige Insuffizienz, 8 Jahre nach Beginn der Erkrankung. Ohne einen durchschlagenden Erfolg zu erwarten, wird ein dicker Span eingepflanzt. Er kommt unter Biegungsbeanspruchung, dagegen nicht unter Torsion. Eine spätere Kontrolle ergibt, daß auch der Span nicht in der Lage war, funktionell ganz genügende Verhältnisse zu schaffen, daß aber immerhin die Wirbelsäule so weit gestützt ist, daß sie mit dem reklinierenden Korsett zusammen einer dauernden, wenn auch herabgesetzten Arbeitsfähigkeit genügt.

Gelingt es, durch die Wirkung des Spanes das Stoffwechselverhältnis zwischen An- und Abbau zu ändern, würden dadurch auch nur die sekundären

Stoffwechselstörungen vorübergehend behoben, dann kann doch aus dieser Durchbrechung des Circulus vitiosus dauernder Nutzen resultieren.

Aus diesem Grunde erscheint es mir auch erlaubt, den Zeitpunkt der Operation beim Erwachsenen unter Umständen vorzuschieben. Aber niemals auf einen Zeitpunkt vor der Wiederaufnahme der Funktion der Wirbelsäule, bevor also mit Sicherheit der Stillstand des Prozesses und der Beginn der natürlichen Ausheilung festgestellt ist.

Gehen die Beschwerden bei Wiederaufnahme der Funktion nicht zurück, dann ist nach einer Beobachtungszeit von einigen Monaten der Eingriff gerechtfertigt, soweit es im speziellen Falle eben die mechanisch-funktionellen Verhältnisse erlauben. Im Brustteil, bei hochgradigem Gibbus — von nervösen Komplikationen und Abszeßfolgen gar nicht zu sprechen — wird man durch den Eingriff wenig gewinnen.

Überblicke ich unser nichtoperiertes Patientenmaterial, dann finde ich mehrere Fälle, bei denen zum Eingriff geraten wurde, zu welchem sich der Patient aber nicht entschließen konnte. Von diesen konnten 12 weiter verfolgt werden. Es handelt sich um lumbale oder lumbodorsale Spondylitiden. In der Hälfte der Fälle gingen die Beschwerden trotzdem ganz bedeutend zurück, wenn auch in keinem Falle vollständig. Bei den übrigen bestanden sie fort, 3 von ihnen ließen sich nach Jahr und Tag doch operieren, in 2 Fällen mit vollem, in 1 Fall mit relativem Erfolg.

Daß zudem, selbst in mechanisch-funktionell ungünstigen Fällen, die Knochenplastik von Nutzen sein kann, zeigt das folgende Beispiel. Dieses kann allerdings nicht als nachahmenswert empfohlen werden, denn 2 scheinbar ganz ähnliche Fälle zeigten durch eine Operation keinen merklichen Erfolg.

Patient E. Sch. Bei einer Lumbodorsalspondylitis, die mit ziemlich großem Gibbus ausgeheilt ist, machen sich bei der Wiederaufnahme der Funktion Beschwerden geltend. Die mechanischen Verhältnisse sind über und auf der Gibbuskuppe für einen Span sehr zweifelhaft. In der Tat zeigt dieser 4 Jahre nach der Implantation mehrere Aufhellungen oberhalb der Kuppe. Patient ist aber beschwerdefrei, und die Spanwirkung scheint in der Hauptsache eine indirekte und vorübergehende gewesen zu sein. Mechanisch wirkt das Implantat höchstens im kaudalen Abschnitt. Der Kalkgehalt der affizierten Wirbel hat aber ganz merklich zugenommen, wie sich aus periodisch aufgenommenen Röntgenbildern ergibt.

Ob aber bei allen ausheilenden Fällen der Span an Stellen, wo er mechanisch nur wenig wirkt, den Circulus vitiosus der Stoffwechselunterbilanz zu durchbrechen imstande ist, erscheint mir nach den erwähnten Mißerfolgen nicht möglich. Wie in der Einleitung schon betont wurde, spielen die mechanischen Faktoren eine wichtige, aber nicht die alleinige Rolle. Sie sind uns relativ am besten bekannt. Jedenfalls bedarf es aber in solchen Fällen zum Erfolge immer auch günstiger Immunitätsverhältnisse. Diese sind schwer zu erkennen.

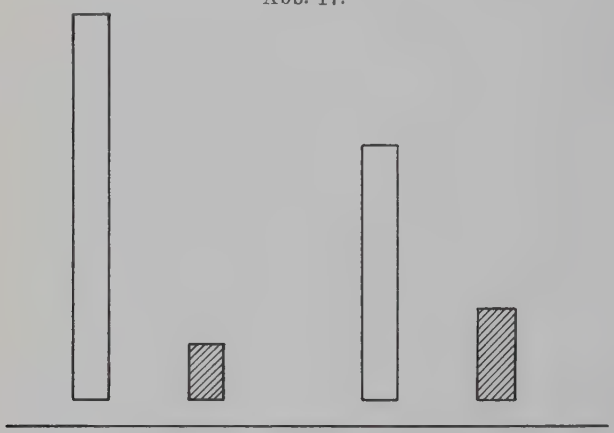
Wo eine volle mechanische Wirkung erwartet werden kann, ist die Indi-

kation immerhin mit einiger Sicherheit zu stellen, so kritisch man sich auch einstellt. Dafür bürgt der Vergleich von operierten und nichtoperierten Fällen. Wenn meiner Zusammenstellung und meinen Ausführungen auch nicht das riesige Material zugrunde liegt, über welches amerikanische Autoren zu berichten wissen, so wurden diese 220 Fälle dafür umso genauer und vor allem immer über mehrere Jahre, manchmal sogar Jahrzehnte, verfolgt.

So glaube ich z. B. behaupten zu dürfen, daß in den folgenden Fällen mit der Operation sicher ein Erfolg zu verzeichnen ist:

B. S. erkrankt mit 30 Jahren an Lumbalspondylitis. Nach 10 Jahren bestehen trotz klinischer Ausheilung immer noch Kreuzschmerzen und Ermüdungsschmerzen, die auch durch wiederholte Kuren nicht zu beheben sind. Erst die Spanimplantation bringt

Abb. 17.



Übersicht der Fälle.

Beschwerdefreiheit (kein Gibbus, günstige mechanische Bedingungen). Mit dem Eingriffe hätte wohl gar nicht so lange zugewartet werden sollen.

Ein Patient E. F. erkrankt mit 28 Jahren an Lumbodorsalspondylitis mit mehreren im Röntgenbild sichtbaren Herden, jedoch ohne stärkere Einschmelzung. Die Behandlung ist nur kurz. 4 Jahre später sucht der Mann wieder ärztliche Hilfe auf wegen zunehmender Müdigkeitsbeschwerden, ohne Zunahme des Gibbus und trotz scheinbar guter Sklerosierung der Wirbelnarben. Bei der sehr kräftigen Muskulatur erfolgt die Spanimplantation über eine leicht angedeutete Konvexität. Die funktionelle Untersuchung ergibt eine bereits bestehende Ankylose der regionalen Gelenke. Bei einer Kontrolle 2 Jahre nach dem Eingriff arbeitet der Mann mit einem leichten Korsett als Schwerarbeiter völlig beschwerdefrei.

Ich will die Kasuistik nicht vermehren. Ich habe sie nur so weit verwendet, als sie mir zur Illustration der hier entwickelten Richtlinien allgemeiner Natur dienen mußte.

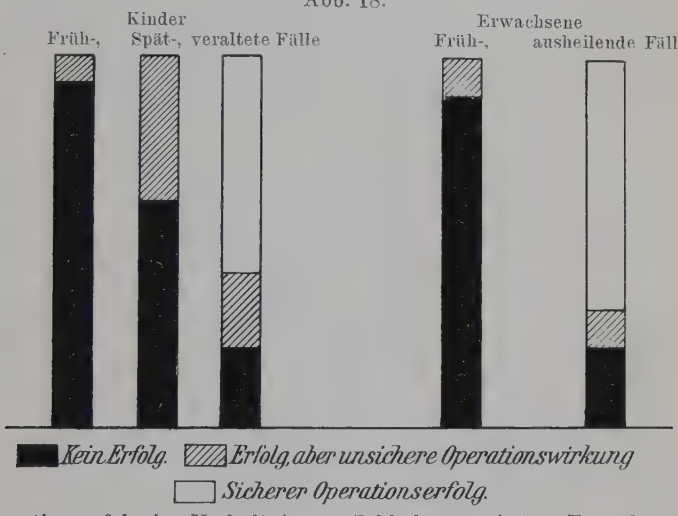
Durchgeht man sein Material an Knochenplastiken, dann fühlt man sich zunächst in der Indikationsstellung unsicher. Versucht man aber, Schritt für

Schritt, die allgemeinen Gesetze der Knochenneubildung zu entwickeln und auch richtigzustellen, vergegenwärtigt man sich anderseits vom funktionellen Standpunkt aus die pathologische Physiologie der tuberkulösen Wirbelsäule, dann ist jeder Fall ein Experiment, dessen Einzelheiten die besprochenen, allgemeinen Gesichtspunkte bestätigen. Anderseits sind letztere ja gerade aus der Fülle der einzelnen Beobachtungstatsachen aufgebaut und zu bestimmten Leitsätzen verarbeitet worden.

Unser Material, tabellarisch zusammengestellt, ergibt das Bild auf Seite 96 (Abb. 17).

Bei den Nichtoperierten zeigt unser Material bei Kindern 70 % klinische Heilungen nach 5 Jahren. Der Prozentsatz beträgt für die Erwachsenen nur 59 %.

Abb. 18.



Operationserfolg im Verhältnis zur Zahl der operierten Erwachsenen.

Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, auf die Komplikationen, die in weitgehendem Maße die Statistik beeinflussen, einzutreten.

Die Operationserfolge (Abb 18).

Die letzte Kolonne der Kinderfälle (bis zu 16 Jahren) lautet in Zahlen ausgedrückt: Veraltete Dorsalspondylitis 1 schlechtes, 1 mäßiges, 2 gute Operationsresultate, letztere aber vorwiegend auf die Behebung der Stauchung in der sekundären infragibbären Lordose zurückzuführen. 1 veraltete Lumbalspondylitis mit starker lokaler Abscherung, 1 gutes Resultat.

Die weitere Differenzierung der Reihe für die Erwachsenen im Ausheilungsstadium gibt folgendes Bild: Dorsalspondylitis 2 schlechte, 1 gutes Operationsresultat; Lumbodorsalspondylitis 2 schlechte, 3 mäßige, 2 gute Operationsresultate; Lumbalspondylitis 0 schlechte, 2 mäßige, 7 gute Operationsresultate. Der Versuch, auch die nichtoperierten Fälle tabellarisch zum Ausdrucke

zu bringen, birgt, wegen der Komplexität der in Betracht fallenden Faktoren, so viele Ungenauigkeiten in sich, daß auf seine Wiedergabe verzichtet wird.

Zusammenfassung.

1. Von mechanischen Kräften, die auf normale, deformierte oder transplantierte Knochen einwirken, hat nur der funktionelle Druck einen trophischen Einfluß, während dem Zug eine derartige Wirkung nicht zukommt. Knochentransplantate widerstehen Druck- und Biegungskräften, die ihnen auch eine besondere Struktur aufprägen. Biegende Kräfte wirken aber nur so lange knochenbildend, als sie im Inneren des Substrates zur Entstehung von Drucklinien Anlaß geben, während die bei exzessiver Biegung oder Gelenkbewegungen entstehenden Zugkräfte die Knochensubstanz zur Resorption bringen. Bei Beanspruchung auf Biegung bedarf der Knochen einer gewissen Dicke, um sich zu erhalten. Sehr wenig Widerstand bietet er gegenüber Abdrehung. Er deformiert sich so lange, bis die Region seines Bettes statisch-dynamisch ins Gleichgewicht kommt. Sind in diesem Endzustand mehr Zug- als Druckkräfte vorhanden, so wandelt er sich in Faserknorpel um, knöchern bleibt er, solange er funktionellen Druckkräften ausgesetzt ist, wobei die wesentliche Rolle der Muskulatur nicht außer acht zu lassen ist. Je nach dem funktionellen Druck hyper- oder atrophiert transplantierter Knochen.

Neben mechanischen Faktoren spielen weitere biologische, zum Teil noch unbekannte Momente eine Rolle. Totes Material verhält sich nicht wie lebendes. Dieses ist seiner Herkunft nach umso geeigneter, als physiologische Funktion und geforderte Transplantatfunktion miteinander übereinstimmen.

Alle diese Verhältnisse sind speziell bei der operativen Versteifung der Wirbelsäule zu berücksichtigen.

2. Der Verlauf der Spondylitis tuberculosa ist je nach dem Sitz und je nach dem Alter verschieden. Der spezifische Prozeß ist von der Functio laesa zu unterscheiden, die sich in sekundären Stoffwechselstörungen des Knochens äußert.

Beim Kinde werden durch die Läsion starke Kräfte frei, die sich besonders im Dorsalteil wegen der schon physiologischerweise vorhandenen Kyphose im Gibbus äußern. Dieser ist mehr noch Wachstumsreaktion als einfache mechanische Folge der Einschmelzung. Dank besonders der Wirkung der Zwischenwirbelscheiben spielt sich das pathologisch-physiologische Geschehen der Affektion zur Hauptsache in der Säule der Wirbelkörper ab, während die Bogen vorwiegend nur auf Horizontalschub beansprucht werden. Ein Span im Bereich der Dornfortsatzreihe hat daher keinerlei stützende Wirkung oder wird durch die, infolge des Horizontalschubes, entstehende Zugwirkung an den wichtigsten Stellen resorbiert. Im unteren Lumbalteil kommt es durch den ventralen Einschmelzungsprozeß zu einer mehr oder weniger ausgesprochenen Stauchwirkung in den dorsalen Partien.

Die natürliche Heilung erfolgt durch Aufschichtung der gesund gebliebenen Partien, durch Blockbildung. Dieser parallel geht notgedrungen eine Gibbusbildung.

Bei der Blockbildung ist eine stützende Wirkung durch einen Span gar nicht erwünscht. Diese kommt tatsächlich auch nicht vor.

Die hinteren Wirbelpartien werden zur natürlichen Ausheilung wenig herangezogen.

Das Endresultat der Spondylitis ist in hohem Maße von der konservativen Behandlung abhängig und nicht von einer Operation. Diese ist im Früh- und Spätstadium bei Kindern ganz zu verwerfen. Eine sorgfältige Statistik von operierten und nichtoperierten Fällen gibt für die Richtigkeit dieser Ansicht unzweideutige Beweise.

Auch bei veralteten Fällen kommt die Operationsindikation nur selten in Betracht, nämlich bei Stauchungserscheinungen durch sekundäre Deformitäten oder bei starker lokaler Abscherung im Lumbalteil. Der Span ersetzt das Korsett nicht.

Das Korsett stützt wenig und rekliniert hauptsächlich, es wirkt richtunggebend auf die funktionelle Belastung. Auf lokale Bewegungsmöglichkeit und Abscherung hat es im unteren Lumbalteil wenig Einfluß. Der Span dagegen wirkt, bei mechanisch günstiger Konstellation, der Stauchung und der lokalen Abscherung entgegen. Span und Korsett ergänzen sich demnach in einigen Fällen. Die Operation hat keinen Einfluß auf den spezifischen Prozeß, sondern nur in den erwähnten seltenen Fällen, eine solche auf die sekundären Stoffwechselstörungen.

Lokalisation und Verlauf der Spondylitis beim Erwachsenen sind nach klinischer Beobachtung an gegen 100 Fällen verschieden wie beim Kinde. Häufig fehlt die Blockbildung, da keine durchgehende Einschmelzung stattfindet. Die Wirbelsäule ist in physiologischer Hinsicht stabiler, dagegen sind sekundäre Stoffwechselstörungen ausgesprochener.

Einem in den Bereich der Bogenreihe eingepflanzten Span kommt eine stützende Wirkung eher zu. Das Transplantat wirkt aber nur auf die Stoffwechselunterbilanz des Organes, nicht auf den spezifischen Prozeß. Die Operation ist daher im Frühstadium zu verwerfen. Ist die Tuberkulose in Ausheilung begriffen, dann besteht oft noch eine funktionelle Insuffizienz, die auf der mechanischen Läsion beruht.

Natürliche Knochenreaktionen im Ausheilungsstadium sind beim Erwachsenen häufiger als beim Kinde. Sie stellen Heilungsbestrebungen dar. Diese können gelegentlich durch Knochentransplantation so weit ergänzt werden, daß sie die funktionelle Insuffizienz wirksam zu bekämpfen vermögen. Die Konfrontation der Statistiken von Operierten und Nichtoperierten beweist den tatsächlichen Wert des Eingriffes in solchen Fällen. Die Operations-

indikation ergibt sich, abgesehen von der Abklärung der Komplikationsmöglichkeiten, erst im Ausheilungsstadium.

Dabei muß aber die mechanische Analyse des Krankheitsfalles beweisen, daß die Implantationsstelle unter funktionellen Druck kommt und daß ihr tatsächlich pathologisch-physiologisch eine Stützwirkung zufällt. Aus diesen Gründen sind im Brustteil die Resultate ungünstiger als im Lenden- oder Halsteil.

Die Berücksichtigung der biologischen Gesetze über Knochenbildung einerseits, der komplizierten speziellen pathologischen Physiologie der erkrankten Wirbelsäule anderseits führt zu einer bedeutenden Einschränkung in der Operationsindikation. Sie hat aber den Vorteil, den Operationserfolg vorausberechnen zu können und so die Spanplastik bei der Spondylitis tuberculosa zu einer sicheren Methode zu erheben.

Literatur.

Albanese, Arch. di ortop. 1922, 38. — Albee, F. H., Bonegraft surgery, Philadelphia und New York 1917. — Albert, Wiener klin. Wochenschr. 1900. — Axhausen, Deutsche Zeitschr. f. Chir. 91. — Bachlehner, v. Bruns' Beitr. 1921, 124. — Bade, Orthop. Kongr. 1921. — Bähr, Deutsche Zeitschr. f. orthop. Chir. 1891, Bd. 5. — Bier, Münch. med. Wochenschr. 1920. — Biesalski, Arch. f. klin. Chir. 1923, 127. — Braus, Anatomie d. Menschen I. Berlin 1921, Springer. — Büdinger, Arch. f. klin. Chir. 1912, 98. — Derselbe, Zeitschr. f. Heilk. 1903. — Cofield, Journ. of bone and joint surgery 1922, 4. — Debrunner, Arch. f. Orthop. u. Unfallchirurgie 19. — Erlacher, Orthop. Kongr. 1921. — Derselbe, Zeitschr. f. orthop. Chir. 1921, 40. — Finck, v., Orthop. Kongr. 1921. — Flesch-Thebesius, Fortschr. d. Röntgenstr. 30. — Fromme, v. Bruns' Beitr. 1920, 118. — Galeazzi, Arch. di ortop. 1922, 37. — Ghillini, Deutsche Zeitschr. f. orthop. Chir. 1899. — Görres, Zeitschr. f. orthop. Chir. 1921, 40. — Gray, Brit. med. journ. 1922. — Grunewald, Zeitschr. f. orthop. Chir. 30 u. 38. — Hoessly, v. Bruns' Beitr. 1916, 102. — Jansen Murk, On Boneformation, Manchester 1920. — Jones und Lovett, Orthopedic surgery, London 1923. — Jores, Beitr. z. pathol. Anat. u. allgem. Pathol. 66. — König, Arch. f. orthop. u. Unfallchir. 1923, 21. — Lange, F., Zeitschr. f. orthop. Chir. 1924, 45. — Lange, W. G., Über funkt. Anpassung. Berlin 1917, Springer. — Läwen, Zentralbl. f. Chir. 1921, 48. — Lexer, Zentralbl. f. Chir. 1921. — Looser, Deutsche Zeitschr. f. Chir. 152. — Lorenz, Wiener klin. Wochenschr. 1893. — Ludloff, Orthop. Kongr. 1921. — Magnus, Arch. f. Orthop. u. Unfallchir. 1922. — Martin, Arch. f. klin. Chir. 114. — Mau, Deutsche Zeitschr. f. Chir. 187. — Mayer, Zeitschrift f. orthop. Chir. 38. — Meyer, H., Reichert und Dubois-Reymonds Arch. f. Anat. 1867. — Ménard, Etude pratique s. le mal de Pott, Paris 1900. — Müller, W., Beitr. z. klin. Chir. 1921. — Derselbe, Normale und pathologische Physiologie des Knochens 1924, Barth. — Ombrédanne, Bull de la Soc. d. chir. 1913. — Picot, Revue méd. d. l. Suisse rom. 1923, 10. — Quervain, de, v. Bruns' Beitr. 1912, 79. — Rigal und Vignal, Arch. de physiol. 1881. — Roeren, Arch. f. Orthop. u. Unfallchir. 1923, 22. — Roos, Zeitschr. f. orthop. Chir. 1923, 43. — Roux, W., Arch. f. Anat. u. Entwicklungsgesch. 1885. — Schasse, Orthop. Kongr. 1921. — Schede, Orthop. Kongr. 1921. — Schultheß, Orthop. Kongr. 1912. — Derselbe, Zeitschr. f. orthop. Chir. 1902, 10. — Sorrel, Presse médicale 1922. — Sträter, Deutsche Zeitschrift f. Chir. 1923, 177. — Thomsen, v. Bruns' Beitr. 115. — Volkmann, v., Virch.-Arch. 1862, 24. — Vorschütz, Deutsche Zeitschr. f. Chir. 1921, 166. — Waldenström, Acta chir. skand. 1924, 56 (englisch). — Wiesinger, Deutsche Zeitschrift f. Chir. 154. — Wirth, Zentralbl. f. Chir. 1921. — Wolff, Die Gesetze d. Transformat. d. Knochen, Berlin 1892. — Derselbe, Virch.-Arch. 155. — Zschokke, Zürich 1892.

Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart

Prof. Dr. **Hermann Gocht**

Die Röntgenliteratur

Im Auftrag der deutschen Röntgengesellschaft und unter Mitarbeit des Literatur-Sonderausschusses herausgegeben

I. Teil: Alphabetisches Register. Lex. 8°. 1911. geh. M. 12.—; in Leinw. geb. M. 15.—

II. Teil. Sachregister. Lex. 8°. 1912. geh. M. 19.—; in Leinw. geb. M. 22.—

III. Teil 1912/13: Autoren- und Sachregister. Lex. 8°. 1914. geh. M. 13.20; in Leinw. geb. M. 16.20

IV. Teil 1914, 1915, 1916 und 1917: Autoren- und Sachregister, Patentliteratur. Lex. 8°. 1921. geh. M. 31.—; in Leinw. geb. M. 34.—

V. Teil 1918, 1919, 1920 und 1921: Autoren- und Sachregister, Patentliteratur. Lex. 8°. 1925. XX und 456 Seiten. geh. M. 30.—; in Leinw. geb. M. 33.—

VI. Teil 1922, 1923, 1924 und 1925: Autoren- und Sachregister, Patentliteratur. Lex. 8°. 1927. geh. M. 37.50; in Leinw. geb. M. 39.80

Prof. Dr. **Hermann Gocht**

Handbuch der Röntgenlehre

Zum Gebrauche für Mediziner.

Sechste und siebente, umgearbeitete und vermehrte Auflage

Mit einem Bildnis Röntgens und 341 Textabbildungen. Lex. 8°. 1921. geheftet M. 19.40; in Leinw. geb. M. 22.40

Albert Hoffa's Orthopädische Chirurgie

Neu bearbeitet von **A. Blencke,** Magdeburg, **H. Gocht,** Berlin, **G. Drehmann,** Breslau und **A. Wittek,** Graz

Herausgegeben von Prof. Dr. **Herm. Gocht**

Siebente Auflage

Mit 883 Abbildungen. Lex. 8°. 1925. XVI und 878 Seiten. geh. M. 46.50; in Leinw. geb. M. 50.—

Hoffa, Technik der Massage

Achte, verbesserte Auflage

Von Prof. Dr. **Hermann Gocht**

Mit 85 teilweise farbigen Textabbildungen. Lex. 8°. 1925. VIII und 109 Seiten. geh. M. 10.—; in Leinw. geb. M. 11.60

Orthopädische Technik

Anleitung zur Herstellung orthopädischer Verbandsapparate

Von Prof. Dr. **Hermann Gocht**

Zweite, umgearbeitete Auflage

Mit 235 Textabbildungen. Lex. 8°. 1917. geh. M. 6.30; in Leinw. geb. M. 9.80
(Deutsche Orthopädie Band I)

Künstliche Glieder

Von Prof. Dr. **H. Gocht,** Dr. **R. Radike** und Prof. Dr. **F. Schede**

Zweite, umgearbeitete Auflage

Mit 689 Textabbildungen. Lex. 8°. 1920. geh. M. 18.90; in Leinw. geb. M. 22.40
(Deutsche Orthopädie Band II)

VERLAG VON FERDINAND ENKE IN STUTTGART

Soeben ist erschienen:

Leitfaden des Röntgenverfahrens
für das
röntgenologische Hilfspersonal

von

Dr. R. Fürstenau, Dr. M. Immelmann †
und Dr. J. Schütze, Berlin

Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 332 Textabbildungen
Lex. 8°. 1927. XVI und 529 Seiten
Geheftet M. 29.40, in Leinen gebunden M. 31.80

Die vorliegende fünfte Auflage des bekannten Lehrbuches stellt eine umfassende Neubearbeitung des umfangreichen Stoffes dar. Auch die neue Auflage weist die gleichen Vorzüge: Klarheit und Knappheit der Darstellung, leichte Verständlichkeit, übersichtliche Gliederung des umfangreichen Stoffes usw. auf, welche dem Werk zu seiner bisherigen weiten Verbreitung verholfen haben.

Ebenso wird aber das Buch auch in der bisher vielfach erprobten Weise dem Arzt, der beginnt, sich mit der Röntgenologie zu beschäftigen, eine wertvolle Hilfe bei der Einführung in die Physik und Technik der Röntgenwissenschaft sein. Denn auch der Arzt, welcher sich mit Röntgentätigkeit befaßt, muß mit den technischen Dingen vertraut sein.

Soeben erschien in zweiter Auflage:

Leitfaden der Massage

von

Regierungs-Medizinalrat

Dr. Max Böhm

Mit 97 Textabbildungen. Lex. 8°. 1927. VIII und 74 Seiten. Kartoniert M. 3.90

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart